

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет електроенерготехніки та автоматики

Кафедра відновлюваних джерел енергії

«На правах рукопису»
УДК 621.311

До захисту допущено:
Завідувач кафедри
Степан КУДРЯ
«__» _____ 2020 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-професійною програмою

«Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії»

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

**на тему: «Комбінована система фотоелектрична станція – тепловий
насос для автономного енергозабезпечення житлового будинку»**

Виконав:

студент II курсу, групи ЕД-91мп
Дзигуненко Іван Олександрович

Науковий керівник:

Доцент, к. т. н.

Кириленко Всеволод Михайлович

Консультант з _____:

Рецензент:

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2020 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Факультет електроенерготехніки та автоматики
Кафедра відновлюваних джерел енергії

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Степан КУДРЯ

«___» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Дзигуненко Івану Олександровичу

1. Тема дисертації: «Комбінована система фотоелектрична станція – тепловий насос для автономного енергозабезпечення житлового будинку», науковий керівник дисертації Кириленко Всеволод Михайлович, к. т. н., доцент, затверджені наказом по університету від «09» листопада 2020 р. № 3260-с.
2. Термін подання студентом дисертації: «17» грудня 2020 р.
3. Об'єкт дослідження: система енергетичного забезпечення гарячого водопостачання і опалення житлового будинку за рахунок відновлюваних джерел енергії.
4. Вихідні дані:
5. Перелік завдань, які потрібно розробити:
 - а) розглянути особливості отримання теплоти тепловими насосами з врахуванням умов місцевості, де розташований будинок;

- б) розглянути недоліки і переваги автономних сонячних електростанцій і питання про резервування їх потужностей за допомогою акумулювання та електричних мереж;
- в) розрахувати потреби в тепловій енергії житлового будинку на гаряче водопостачання і опалення;
- г) розробити систему теплопостачання житлового будинку;
- г) визначити необхідну потужність і вибрати тепловий насос для забезпечення теплових потреб житлового будинку на гаряче водопостачання та опалення;
- д) розрахувати сонячну станцію необхідної потужності з акумулюванням електричної енергії для живлення теплового насосу;
- е) розробити схему підключення теплового насосу до сонячної електростанції з врахуванням резервної мережі;
- є) розрахувати термін окупності системи теплозабезпечення;
- ж) розробити стартап;
- з) охорона праці.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

- а) плакат (назва магістерської дисертації);
- б) опис проєкту;
- в) план будинку і розташування гідравлічних колекторів;
- г) схема теплового насосу;
- г) план даху і розташування фотомодулів;
- д) електрична схема АС-підключення та DC-підключення;
- е) розроблення стартап проєкту та оцінка терміну окупності.

7. Орієнтовний перелік публікацій: 1 тези в міжнародному науково-технічному журналі молодих учених, аспірантів і студентів «Сучасні проблеми електроенергетехніки та автоматики», 2020р.

8. Консультанти розділів дисертації*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

9. Дата видачі завдання «02» листопада 2020 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Робота з літературою і написання вступу	02.11.2020 – 06.11.2020	
2	Короткий огляд теплових насосів	06.11.2020 – 09.11.2020	
3	Короткий огляд сонячних електростанцій	09.11.2020 – 12.11.2020	
4	Вибір обладнання та розрахунок теплового насосу і системи гарячого водопостачання	12.11.2020 – 23.11.2020	
5	Вибір обладнання і розрахунок автономної сонячної електростанції	23.11.2020 – 01.12.2020	
6	Розробка стартап-проєкту	01.12.2020 – 07.12.2020	
7	Охорона праці	07.12.2020 – 10.12.2020	
8	Оформлення роботи і підготовка до захисту	10.12.2020 – 15.12.2020	

Студент

Іван ДЗИГУНЕНКО

Науковий керівник

Всеволод КИРИЛЕНКО

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація складається з: аркушів - 109, таблиць – 25, рисунків – 31, перелік посилань – 30, аркушів креслень – 4.

Метою магістерської дисертації є забезпечення теплопостачання житлового будинку за рахунок енергії сонячної електростанції та теплового насосу, живлення якого здійснюється від цієї ж сонячної електростанції.

В роботі розраховано комбіновану систему фотоелектрична станція – тепловий насос для автономного енергозабезпечення житлового будинку. Проаналізована система енергетичного забезпечення гарячого водопостачання і опалення житлового будинку за рахунок відновлюваних джерел енергії. Приведено відповідні розрахунки теплового насосу і сонячної електростанції з акумуляторною групою. Також показано вибір необхідного обладнання для реалізації даної комбінованої системи.

Тези. 1 тези в міжнародному науково-технічному журналі молодих учених, аспірантів і студентів «Сучасні проблеми електроенерготехніки та автоматики», 2020 р.

Ключові слова: тепловий насос, вертикальний теплообмінник, сонячна електростанція, акумуляторна батарея.

ABSTRACT

The master's thesis consists of: sheets - 109, tables - 25, drawings - 31, list of references - 30, sheets of drawings - 4.

The purpose of the master's dissertation is to provide heat supply to a residential building due to the energy of a solar power plant and a heat pump, which is powered by the same solar power plant.

The combined system of photovoltaic station - heat pump for autonomous power supply of a residential building is calculated in the work. The system of energy supply of hot water supply and heating of a residential building at the expense of renewable energy sources is analyzed. The corresponding calculations of the heat pump and the solar power plant with accumulator group are resulted. The selection of the necessary equipment for the implementation of this combined system is also shown.

These. 1 thesis in the international scientific and technical journal of young scientists, graduate students and students "Modern problems of electrical engineering and automation", 2020.

Keywords: heat pump, vertical heat exchanger, solar power plant, battery.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	5
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	10
ВСТУП.....	11
РОЗДІЛ 1 КОРОТКИЙ ОГЛЯД ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ.....	14
1.1 Опис роботи теплового насоса	15
1.2 Особливості використання теплоти ґрунту для теплонасосних систем опалення	18
1.3 Основні переваги і недоліки теплових насосів	22
1.4 Висновки до розділу	23
РОЗДІЛ 2 КОРОТКИЙ ОГЛЯД СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ.....	24
2.1 Види сонячних електростанцій.....	25
2.2 Основні переваги та недоліки встановлення автономних сонячних електростанцій.....	27
2.3 Висновки до розділу	29
РОЗДІЛ 3 ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ТЕПЛООВОГО НАСОСУ І СИСТЕМИ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ	30
3.1 Опис об'єкта	31
3.2 Вихідні дані.....	32
3.3 Втрати теплоти через огорожувальні конструкції.....	33
3.4 Визначення коефіцієнтів теплопередачі огорожувальних конструкцій .	35
3.5 Визначення площ огорожувальних конструкцій	40
3.6 Визначення втрат теплоти через огорожувальні конструкції	40
3.7 Витрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря	42
3.8 Середня та річна витрати теплоти на опалення	44
3.9 Витрати теплоти на гаряче водопостачання.....	45
3.10 Розрахунок теплої підлоги	46
3.10.1 Ізоляція по периметру (компенсаційний шов).....	46
3.10.2 Гріючий контур	46
3.10.3 Шар бетону та покриття підлоги	47
3.10.4 Конструктивні розміри теплої підлоги	48
3.11 Розрахунок панельних радіаторів.....	55
3.11.1 Опис конструкції панельних радіаторів	55

3.11.2 Тип та конструктивні розміри обраних панельних радіаторів.....	58
3.12 Розрахунок фанкойлів для обігріву тераси.....	59
3.12.1 Опис конструкції фанкойлів	59
3.12.2 Вибір фанкойла для опалення тераси	60
3.13 Вибір теплового насоса	60
3.14 Розрахунок вертикального ґрунтового теплообмінника.....	62
3.15 Вибір і розрахунок буферної ємності системи опалення.....	62
3.16 Розрахунок системи ГВП	64
3.16.1 Розрахунок накопичувального баку.....	65
3.16.2 Вибір колекторів	66
3.16.3 Вибір розширювальних баків	67
3.17 Висновки до розділу	70
4 РОЗДІЛ ВИБІР ОБЛАДНАННЯ І РОЗРАХУНОК АВТОНОМНОЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ.....	71
4.1 Вихідні данні	72
4.2 Методи вибору кута нахилу фотомодулів відносно горизонту	73
4.3 Розрахунок інтенсивності сонячного випромінювання на нахилену поверхню	75
4.4 Основні теоретичні відомості для розрахунку СЕС.....	77
4.5 Вибір обладнання	80
4.5.1 Вибір ФЕМ і інвертора	80
4.5.2 Вибір АКБ.....	85
4.5.3 Вибір кабелю	88
4.6 Висновки до розділу	89
5 РОЗДІЛ РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЄКТУ	90
5.1 Опис ідеї стартап-проєкту	91
5.2 Висновки до розділу	98
6 РОЗДІЛ ОХОРОНА ПРАЦІ	99
6.1 Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації робочих приміщень та основного технологічного обладнання.....	100
6.2 Електробезпека.....	100
6.3 Технічні рішення та організаційні заходи по запобіганню електротравм при роботі зі струмовідними елементами	101

6.4 Технічні рішення по запобіганню електротравм при переході напруги на не струмовідні частини електроустановок	102
6.5 Пожежна безпека.....	103
6.6 Висновки до розділу	105
ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК.....	106
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА.....	108

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ТОА – теплообмінний апарат;

ТН – тепловий насос;

ГТО – горизонтальний ґрунтовий теплообмінник;

ВГТО – вертикальний ґрунтовий теплообмінник.

СЕС – сонячна електростанція;

ФЕС – фотоелектрична станція;

ВДЕ – відновлювані джерела енергії;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

ФЕМ – фотоелектричний модуль;

АКБ – акумуляторна батаєря;

МРРТ – контролер заряду.

ВСТУП

Використання нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії (НВДЕ) світове співтовариство розглядає як один з найбільш перспективних шляхів вирішення зростаючих проблем енергозабезпечення. Наявність невичерпної ресурсної бази та екологічна чистота НВДЕ є визначальними їх перевагами в умовах вичерпання ресурсів органічного палива і зростаючих темпів забруднення навколишнього середовища.

НВДЕ стали останнім часом одним з важливих критеріїв сталого розвитку світової спільноти. Здійснюється пошук нових і вдосконалення існуючих технологій, виведення їх до економічно ефективного рівня і розширення сфер використання. Головними причинами такої уваги є очікуване вичерпання запасів органічних видів палива, різке зростання їх ціни, недосконалість і низька ефективність технологій їх використання, шкідливий вплив на навколишнє середовище, наслідки якого все більше і більше турбують світову спільноту.

Альтернативна енергетика є одним з базових напрямків розвитку технологій в світі, разом з інформаційними та нанотехнологіями вона стає важливою складовою нового постіндустріального технологічного укладу. На сьогодні частка НВДЕ у виробництві енергії в світі ще не є значною (близько 14%), але їх потенціал на кілька порядків перевищує рівень світового споживання паливно-енергетичних ресурсів. Темпи зростання обсягів виробництва енергії за рахунок НВДЕ також значно перевищують аналогічні для традиційних видів енергії. Так, в найближчі 10 років прогнозується щорічне зростання світового виробництва електроенергії традиційної електроенергетики порядком 2,8%, а електроенергії НВДЕ – 9,2%.

До НВДЕ відносять природні джерела теплоти: сонячна радіація, вітер, атмосферне повітря, ґрунт, вода природних і штучних водойм (річок, озер, морів, озер, водосховищ) і підземні води (ґрунтові, артезіанські, термальні)

та, відповідно, техногенні джерела теплоти: вентиляційні викиди споруд, каналізаційні стоки (стічні води), промислові скиди.

В Україні існує значний потенціал НВДЕ, який багаторазово перевищує прогнозовані рівні споживання теплової енергії всіма секторами економіки країни. З іншого боку, проблеми ефективності використання традиційних джерел енергії в Україні стоять ще гостріше, ніж в світі або країнах ЄС. Причинами цього є застарілі технології, вичерпання ресурсу використання основних фондів генерації електроенергії і теплоти, разом з низькою ефективністю використання палива призводить до значних обсягів шкідливих викидів. Втрати при транспортуванні, розподілі та використанні електроенергії та теплоти, а також монопольна залежність від імпорту енергоносіїв ще більше ускладнюють ситуацію на енергетичних ринках країни.

З метою зменшення залежності України від імпортних енергоносіїв потрібно впроваджувати енергоефективні технології та забезпечити широке застосування НВДЕ за допомогою теплонасосної технології а також використання сонячної енергії.

На сьогоднішній день теплові насоси (ТН) є перспективними серед джерел нетрадиційної енергетики для вирішення проблем енергозбереження, завдяки можливості використовувати поновлювану енергію з навколишнього середовища. Застосування джерел теплоти на базі теплонасосних установок (ТНУ) в системах теплопостачання допоможе комплексно вирішити енергетичні, економічні, екологічні та соціальні проблеми для України.

Кожного року на територію нашої країни падає така кількість сонячної енергії, яка переважає нинішній рівень споживання більше ніж у п'ятсот разів. Тому можна дійти висновку, аби задовільнити енергетичні потреби України потрібно використовувати тільки 0,5% від усієї енергії Сонця, яка надходить на територію нашої країни. Завдяки цьому можливо буде повністю відмовитися від неекологічних ТЕЦ та АЕС.

В даній магістерській дисертації розрахована комплексна система у складі теплового насосу та сонячної електростанції для приватного будинку у місті Вишгороді.

РОЗДІЛ 1

КОРОТКИЙ ОГЛЯД ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ

1.1 Опис роботи теплового насоса

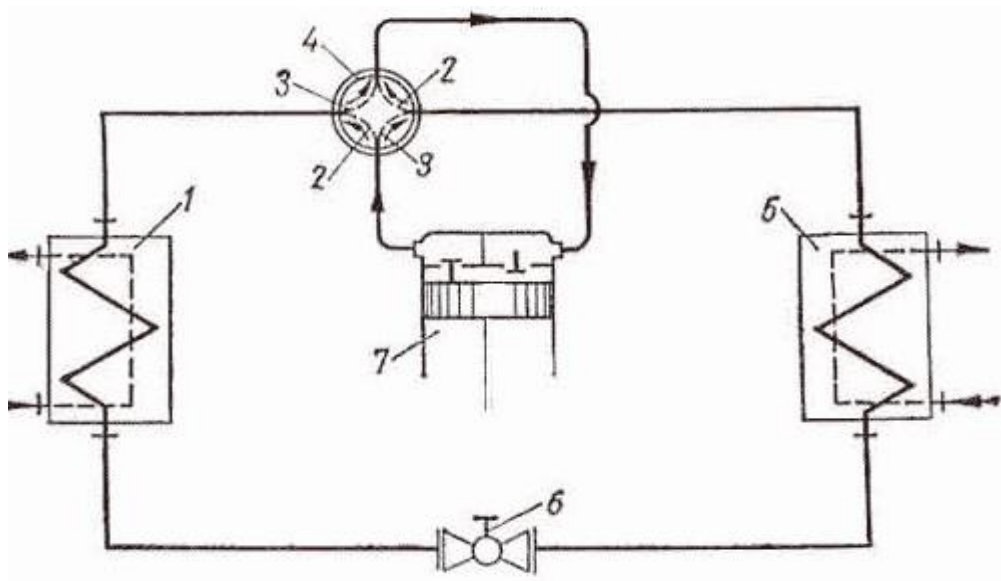
Тепловий насос – це пристрій, який працює за принципом зворотної холодильної машини, передаючи теплоту від низькотемпературного джерела до середовища з більш високою температурою, наприклад системі опалення вашого будинку.

Принцип роботи теплового насоса схожий до роботи звичайного холодильника, тільки навпаки. Холодильник відбирає теплоту від харчових продуктів і переносить його назовні. Тепловий насос переносить теплоту, накопичену в ґрунті, землі, водоймі, підземних водах або повітрі, в будинок. Як і холодильник, цей енергоефективний теплогенератор має наступні основні елементи:

- Конденсатор (теплообмінник, в якому відбувається передача теплоти від холодоагенту до елементів системи опалення приміщення: низькотемпературних радіаторів, фанкойлів, теплих підлог);
- Дросель (пристрій, який служить для зниження тиску, температури і, як наслідок, замикання теплофікаційного циклу в тепловому насосі);
- Випарник (теплообмінник, в якому відбувається відбір теплоти від низькотемпературного джерела до теплового насоса);
- Компресор (пристрій, який підвищує тиск і температуру пари холодоагенту).

Принципова схема теплового насоса з вказівкою напрямку руху холодоагента для опалення та охолодження будівлі наведена на рис.2.1. Зовнішній теплообмінник розташований в місці розташування джерел теплоти, внутрішній - в приміщенні, яке потрібно нагрівати взимку і охолоджувати влітку.

Тепловий насос облаштований таким чином, щоб змусити теплоту рухатися в зворотному напрямку. Наприклад, під час нагрівання будинку, теплота відбирається від якого-небудь холодного зовнішнього джерела (землі, річки, озера, зовнішнього повітря) і передається в будинок.



1 – зовнішній теплообмінник; 2 – напрямок руху холодоагенту при охолодженні приміщення; 3 – напрямок руху холодоагенту при опаленні приміщення; 4 – чотирьохходовий кран-перемикач; 5 – внутрішній теплообмінник; 6 – регулюючий вентиль; 7 – компресор.

Рисунок 1.1 – Принципова схема теплового насоса

Для охолодження (кондиціонування) будинку теплота відбирається від більш теплого повітря в будинку і передається назовні. У цьому відношенні тепловий насос схожий на звичайний гідравлічний насос, який перекачує рідину з нижнього рівня на верхній, тоді як у звичайних умовах рідина завжди рухається з верхнього рівня на нижній.

На сьогоднішній день найбільш розповсюдженими є парокомпресійні теплові насоси. В основу принципу їх дії лежать два явища: по-перше, поглинання і виділення теплоти рідиною при зміні агрегатного стану – випаровування і конденсація, відповідно; по-друге, зміна температури випаровування (і конденсації) при зміні тиску.

У випарнику теплового насоса робочим тілом є холодоагент, який не містить хлору, він знаходиться під низьким тиском і кипить при низькій температурі, поглинаючи теплоту низькопотенційного джерела. Потім робоче тіло стискається в компресорі, який приводиться в рух за допомогою

електричного або іншого двигуна, і потрапляє в конденсатор, де при високому тиску конденсується при більш високій температурі, віддаючи теплоту конденсації приймачу теплоти, наприклад, теплоносію системи опалення. З конденсатора робоче тіло через дросель знову потрапляє у випарник, де його тиск знижується, і процес кипіння холодоагенту починається знову.

Тепловий насос здатний відбирати тепло від декількох джерел, наприклад, повітря, води або землі (рис. 1.2). Таким же шляхом він може скидати тепло в повітря, воду або землю. Більш тепле середовище, яка сприймає тепло, називається теплоприймачем. Залежно від типу джерела і приймача теплоти, випарник і конденсатор можуть бути виконані як теплообмінники типу "повітря-рідина", так і "рідина-рідина".

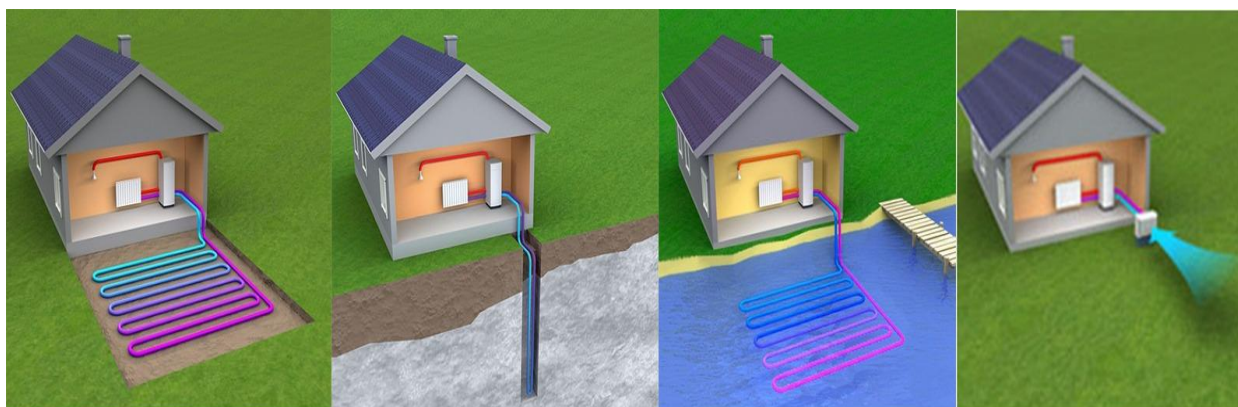


Рисунок 1.2 – Конструкційні види теплових насосів

Регулювання роботи системи опалення з використанням теплових насосів в більшості випадках здійснюється за допомогою його включення і виключення по сигналу датчика температури, який встановлений в приймачі (при нагріванні) або джерелі (при охолодженні) теплоти. Налаштування теплового насоса зазвичай здійснюється зміною перетину дроселя (терморегулюючого вентиля).

Як і холодильна машина, тепловий насос використовує механічну (електричну або іншу) енергію для реалізації термодинамічного циклу. Ця енергія використовується на привід компресора (сучасні теплові насоси

потужністю до 100 кВт комплектуються високоефективними скрол компресорами). Коефіцієнт перетворення (коефіцієнт трансформації або ефективності) теплового насоса – це співвідношення кількості теплової енергії, яку виробляє тепловий насос до кількості електричної енергії, яку він споживає. Коефіцієнт перетворення залежить від рівня температур у випарнику і конденсаторі теплового насоса. Це значення коливається для різних теплонасосних систем в діапазоні від 2,5 до 7, тобто на 1 кВт витраченої електричної енергії тепловий насос виробляє від 2,5 до 7 кВт теплової енергії, що не під силу ні конденсаційному газовому котлу, ні будь-якого іншому генератору теплоти. Тому можна стверджувати, що парокомпресійні теплові насоси виробляють теплоту, використовуючи мінімальну кількість дорогої електричної енергії. Температурний рівень теплопостачання від теплових насосів – 35-60 °С. Економія дорогих енергетичних ресурсів при такому температурному режимі досягає 75%.

1.2 Особливості використання теплоти ґрунту для теплонасосних систем опалення

За видом теплоносія у вхідному (ґрунтовий контур, зовнішнє повітря, водне джерело і ін.) і вихідному (система опалення, гаряче водопостачання, охолодження) контурах теплові насоси діляться на шість типів: ґрунт-вода, вода-вода, повітря-вода, ґрунт -повітря, вода-повітря, повітря-повітря.

Ґрунт – це найбільш універсальне джерело розсіяного тепла. Він акумулює сонячну енергію і цілий рік підігрівається від земного ядра. При цьому він завжди "під ногами" і здатний віддавати тепло в незалежності від погоди. Бо вже на глибині 5-7 м температура практично постійна протягом усього року. Для більшої території України вона становить 8-12 ° С, що цілком достатньо для облаштування високоефективної системи опалення та охолодження. Більш того, у верхніх шарах землі мінімальне значення температури досягається на кілька місяців пізніше від піків морозів – потреба в інтенсивному обігріві за допомогою теплового насоса ґрунт-вода до тієї

пори зменшується. В цілому ж ґрунт досить надійно постачає теплоту для теплового насоса. Необхідна енергія збирається ґрунтовим теплообмінником, заглибленим у землю, і акумулюється в теплоносії, який потім подається у випарник теплового насоса і повертається назад за новою порцією тепла. В якості такого носія використовується незамерзаюча, екологічно безпечна рідина (її ще також називають "розсолем" або антифризом). У більшості теплових насосів ґрунт-вода використовується розчин води і пропіленгліколю або етиленгліколю.

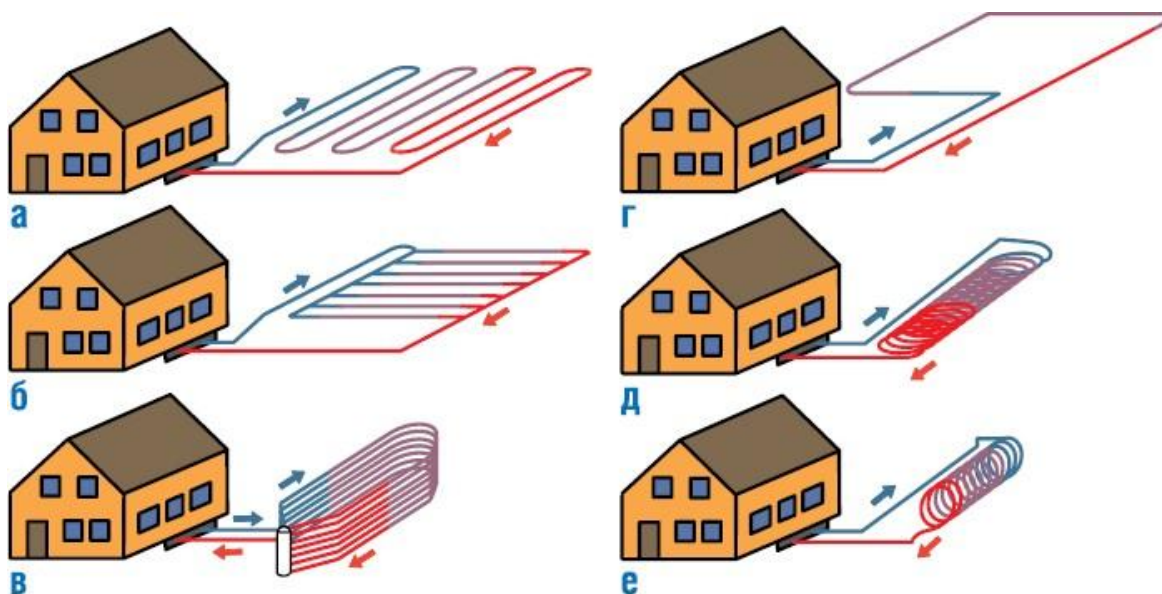
Є й інша схема відбору тепла, коли замість "розсолу" в контурі циркулює фреон, який перетворюється на пару безпосередньо в трубах теплозбірника. Хоч ця схема трошки підвищує ККД теплового насоса, але її експлуатація складна і небезпечна для навколишнього середовища.

Сьогодні найбільш популярний тепловий насос ґрунт-вода з "розсолем". У цих геотермальних теплових насосах використовується два види теплообмінників: ґрунтовий колектор і ґрунтовий зонд. Обидва виконуються з поліетиленових труб діаметром до 40 мм з добавками теплопровідного пластифікатора.

Вибір способу укладання горизонтального колектора визначається теплопровідністю ґрунту і геометрією ділянки. Продуктивність ґрунтового теплообмінника більше на зволжених суглинках і значно менше на сухих піщаних ділянках. У середньому 1 м² поверхні ґрунту може забезпечити "постачання" 10-35 Вт потужності. Довжину труби ґрунтового колектора геотермального теплового насоса в одній петлі, причому суцільній, без з'єднань, прагнуть обмежити (не більше 600 м), тому що зростають витрати електричної енергії на циркуляційний насос і власне на тепловий насос. Якщо потрібна велика потужність теплового насоса ґрунт-вода, то петель ґрунтового колектора роблять кілька.

Ґрунтовий колектор (горизонтальний колектор) являє собою довгу трубу, горизонтально вкладену під шаром ґрунту. Головна перевага горизонтального колектора – універсальність і простота монтажу. Недолік –

велика площа під ґрунтовий колектор – 25-50 м² на 1 кВт потужності теплового насоса (причому майданчик можна використовувати лише під газон або однорічні квіти). На рис 1.3 показано декілька схем укладання труб ґрунтового теплообмінника.



а – теплообмінник з послідовно з'єднаних труб; б – теплообмінник з паралельно з'єднаних труб; в – горизонтальний колектор, укладений в траншеї; г – теплообмінник в формі петлі; д – теплообмінник в формі спіралі, розташований горизонтально ("Slinky" колектор); е – теплообмінник в формі спіралі, розташований вертикально.

Рисунок 1.3 – Види горизонтальних ґрунтових теплообмінників

Вертикальні колектори (вертикальні теплообмінники) – це система довгих труб, які опущені в глибоку свердловину (40 - 150 м). Тепловий насос ґрунт-вода з використанням вертикального теплообмінника зображений на рис. 1.4. Він потребує лише клаптику землі, але також потрібні дорогі роботи з буріння. На глибині завжди однакова температура – близько 10 °С, тому вертикальні колектори потужніші від горизонтальних колекторів. Один метр довжини вертикального теплообмінника дає від 30 до 100 Вт теплової енергії, залежно від ґрунту.

Відомо близько десяти різних конструкцій вертикальних колекторів, навіть досить незвичайних (наприклад, у вигляді труб, забетонованих в палі

фундаменту будинку). Але найбільш вживаними є дві: труба в трубі і U-подібна. За однією лінії "розсіл" подається циркуляційним насосом вниз, а за іншою ним же піднімається вгору, до випарника теплового насоса. У глибоких свердловинах трубопроводи вертикального теплообмінника завжди захищають обсадною трубою, в дрібних не завжди.

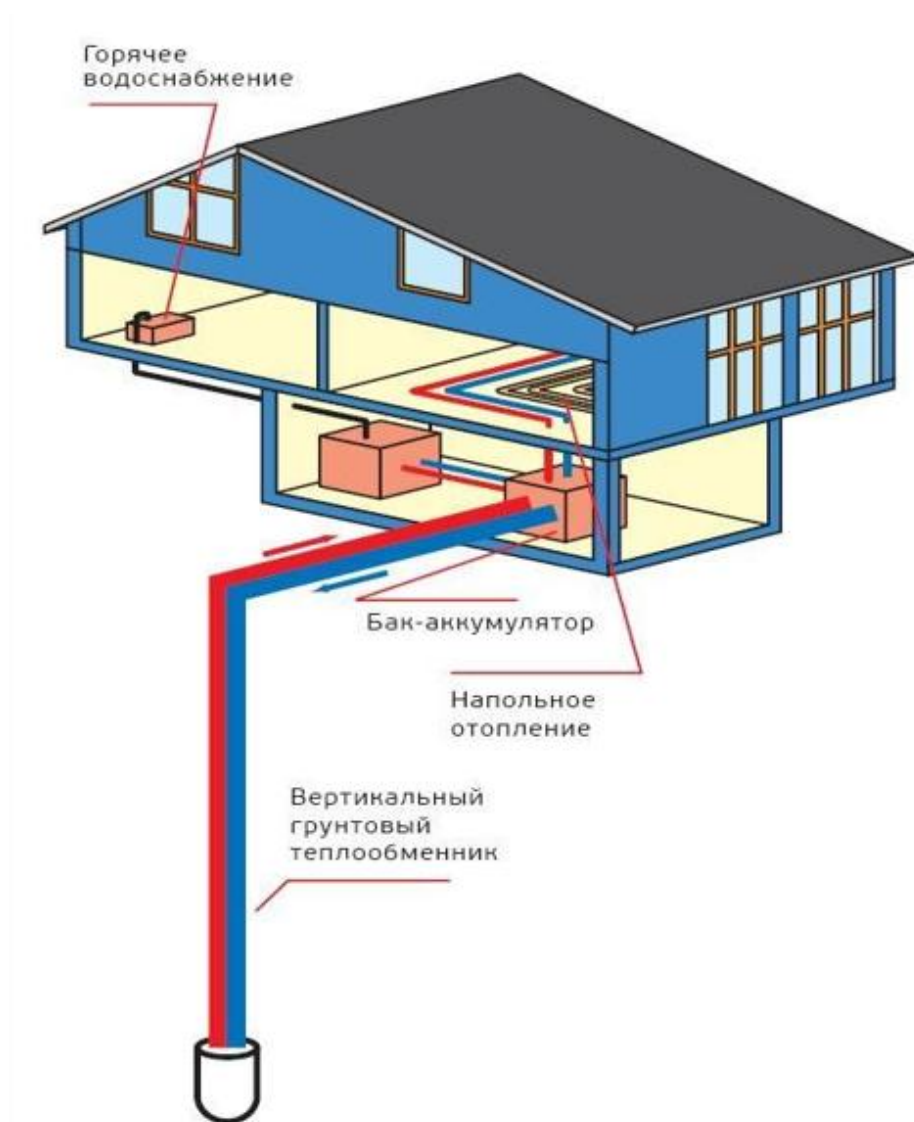


Рисунок 1.4 – Вертикальний ґрунтовий теплообмінник

Для поліпшення теплопередачі і підвищення міцності вертикального колектора зазор між землею або обсадною трубою і робочими трубами заповнюється бетоном або бетоном. Якщо потрібно отримати велику потужність, таких вертикальних теплообмінників роблять кілька. Відстані між вертикальними колекторами становить 5 - 7 м.

У вертикальних колекторів, окрім високої вартості, є ще один недолік, це отримання від служби Держводнагляду дозволу на буріння глибокої свердловини під вертикальний теплообмінник, в зв'язку з тим, що ймовірно обмерзання ґрунту здатне порушити поведінку водоносних шарів. Тому для невеликих котеджів краще закладати замість однієї глибокої, кілька дрібніших (30 - 50 м) свердловин під вертикальний колектор, оскільки на них схвалення чиновників не потрібно.

1.3 Основні переваги і недоліки теплових насосів

Основними перевагами встановлення теплових насосів є:

- Ефективність. Тепловий насос характеризується ефективністю на порядок вище, ніж у всіх інших технологій на ринку. Для порівняння: газовий котел, споживши 1 кВт електроенергії, може виділити близько 0,9 кВт тепла, в той час як тепловий насос справляється з цією задачею набагато краще, демонструючи віддачу тепла у 4 – 5 кВт.

- Вигода. Безумовно, тепловий насос є недешевою забаванкою, але окупність складає всього декілька років. Природний газ постійно дорожчає, і в довгостроковій перспективі можна дуже сильно програти, використовуючи його як основне джерело для опалення. Тепловий насос має на порядок менші витрати в експлуатації і через кілька років окупається.

- Безпека. Опалювальне обладнання повинно бути безпечним, і тепловий насос відмінно справляється з цим завданням. У своїй роботі він не використовує будь-якого палива і не виділяє шкідливих компонентів.

- Екологічність. Питання екологічності стає все більш актуальним з кожним роком. У теплового насоса відсутні будь-які шкідливі викиди, внаслідок чого він не забруднює навколишнє середовище.

- Надійність. Герметичний контур дозволяє обладнанню бути придатним до використання на досить довгий термін.

- Універсальність. Встановлюючи тепловий насос, він зможе виконувати функції опалення, кондиціонування і нагрівання води.

Основними недоліками встановлення теплових насосів є:

- Ціна. Початкові капіталовкладення значно вищі ніж у електричного або газового котла. Проте можна компенсувати до 30 – 35% коштів за програмою IQ Energy, яка розроблена європейським банком реконструкції та розвитку (Програма підтримується механізмом заохочень за рахунок грантових коштів на загальну суму 15 мільйонів євро).

1.4 Висновки до розділу

Впровадження теплових насосів в Україні є дієвим способом для забезпечення власних потреб в опаленні, охолодженні та гарячій воді. Серед важливих особливостей теплових насосів можна виділити їх енергоефективність та економічність. Також можна відмітити зниження рівня споживання органічного палива та викидів вуглецю в атмосферу завдяки впровадженню теплових насосів.

Для об'єкту обрано вертикальний ґрунтовий теплообмінник, оскільки головною проблемою є відсутність необхідної площі для встановлення горизонтального ґрунтового теплообмінника.

РОЗДІЛ 2

КОРОТКИЙ ОГЛЯД СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

2.1 Види сонячних електростанцій

У XX столітті один з найпоширеніших хімічних елементів на Землі зміг зробити глобальну революцію в енергетичній сфері. Його властивості надали людству можливість перетворювати сонячне світло в електроенергію. Зокрема, це стало початком процесу становлення альтернативної енергетики. Очевидно, що мова йде про аморфний кремній, з кристалів якого формують сонячні батареї. А фотоелектричні модулі, в свою чергу, є ключовим елементом сонячної електростанції (СЕС). Все частіше можна зустріти СЕС на полях, дахах та ділянках приватних домогосподарств.

Дійсно, розвиток сонячної енергетики досяг такого рівня, що сонячні електростанції стали багатофункціональними. Тепер тільки певний тип станції відповідає бажанням споживача. Тож після прийняття рішення про купівлю сонячної електростанції, перед майбутнім власником стоїть вибір: який тип станції вибрати?

На сьогоднішній день, кристалічні панелі формують три типи станцій: мережеві, автономні і гібридні. Однак, не будемо забувати, що вчені активно вдосконалюють тонкоплівкові панелі і в недалекому майбутньому нас можуть очікувати СЕС на будь-якій конструкції (навіть на одязі). А поки цього не сталося, давайте більш детально розглянемо ті види станцій, які користуються основним попитом:

- Мережева електрична станція

Цей вид СЕС найбільш економічно вигідний. По-перше, станція значно зменшить комунальні витрати споживача. По-друге, надлишок генерації мережевої електростанції поки що можна продавати по «зеленому» тарифу та щомісяця отримувати дохід. У свою чергу, мережева станція не може забезпечити автономність. Оскільки для забезпечення безперебійного живлення будинку, генерації сонячних панелей недостатньо. Необхідно додатково подбати про акумулювання надлишку енергії. З огляду на те, що

мережева станція не передбачає наявності акумуляторів, то весь надлишок йде в загальну мережу.

- Автономна електрична станція

На відміну від мережевої, автономна станція може забезпечувати безперебійне живлення будинку. Окрім стандартної установки, станція передбачає наявність акумулюючих систем. Таким чином, днем і при хорошій інсоляції, станція буде генерувати електрику для особистого споживання, а надлишок направляти в акумулятори. Це забезпечить домогосподарство необхідним електропостачанням у темний час доби та при аварійному вимкненні світла.

Автономні станції можна розділити на 2 типи: резервні і повністю автономні.

Резервні станції (рис. 2.1), крім акумулюючих систем мають підключення до загальної мережі. Тому, якщо в акумуляторах низький заряд, а СЕС генерує недостатньо енергії – власник домогосподарства може скористатися електрикою із загальної мережі. Гарний плюс мережевого підключення полягає ще й в тому, що інвестор може продавати надлишок енергії в загальну мережу по "зеленому" тарифу.

У протизагаду резервній, автономна станція передбачає повноцінну енергонезалежність будинку. Дім повністю відключається від мережі, а його енергопостачання забезпечують СЕС та потужні акумулюючі системи. У цій категорії, даний вид станції є найдорожчим. Адже тут потрібна велика електростанція, що складається з досить великої кількості фотоелектричних модулів, потужні акумулятори та додаткове обладнання, що забезпечить коректне функціонування СЕС. Проте, не дивлячись на високу вартість, резервна та автономна сонячні електростанції незамінні в тих регіонах, де відсутня електрика або мають місце постійні перебої в мережі.

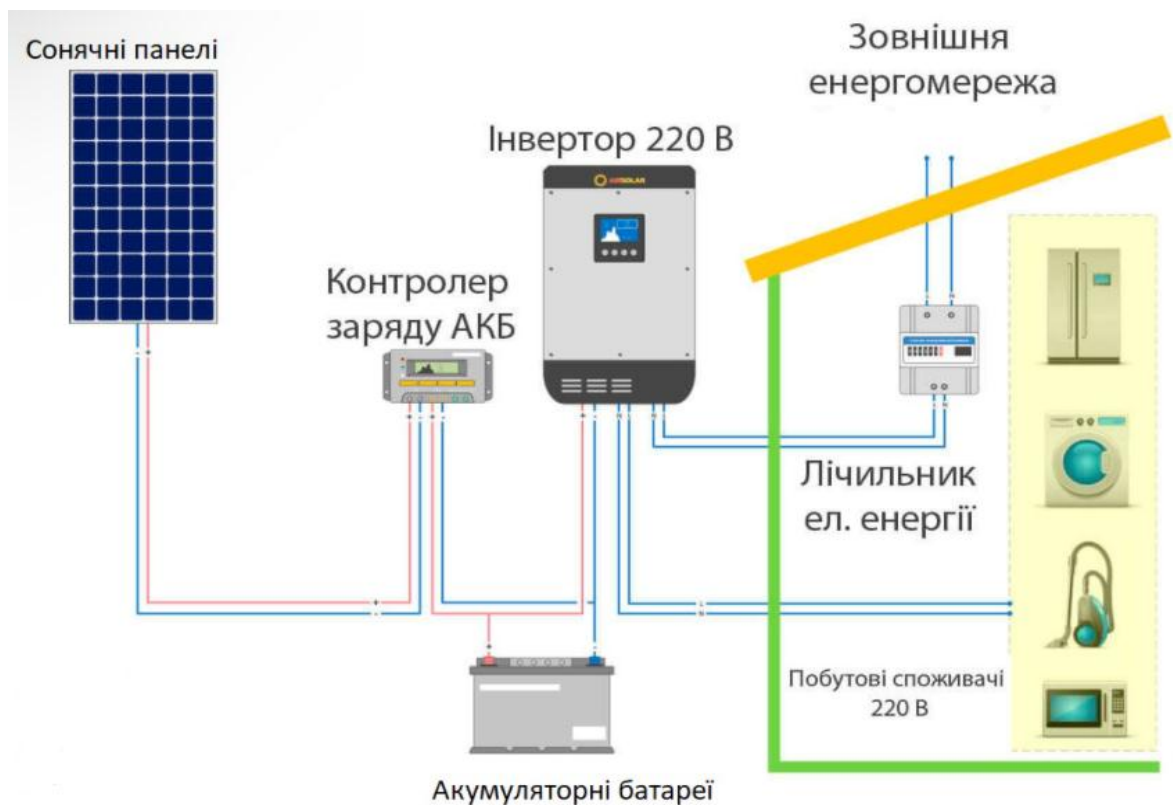


Рисунок 2.1 – Автономна резервна сонячна електростанція

•Гібридна електрична станція

Цей тип станції передбачає використання комбінованих джерел відновлюваної енергії і може поєднувати в собі властивості резервної і мережевої СЕС. При хорошій інсоляції і правильному підборі потужності, станція буде покривати особисте споживання і паралельно буде заряджати акумуляюючі системи. По досягненню необхідного рівня заряду акумуляторних батарей, надлишок енергії буде спрямовано у загальну мережу на продаж. Ця станція досить багатофункціональна, адже при нестачі сонячного світла, низьку генерацію зможуть компенсувати інші автономні генератори електричної енергії.

2.2 Основні переваги та недоліки встановлення автономних сонячних електростанцій

Автономні сонячні електростанції забезпечують гарантоване енергозбереження незалежно від енергомережі. Виробничі можливості навіть самих простих домашніх станцій достатньо для забезпечення домашніх

потреб – живлення холодильника, телевізора, теплового насосу, світлодіодного освітлення. Якщо необхідний більший запас електроенергії, завжди можна розширити систему, додаючи додатково сонячні батареї, акумулятори, або встановити додатково більш потужну станцію.

Автономні фотоелектричні станції можуть працювати як основне джерело електроенергії або джерело безперебійного електропостачання. Вони незамінні там, де немає можливості підключитися до мережі загального користування, але є необхідність у надійному джерелі електроенергії стабільної якості.

Автономна сонячна електростанція – повністю незалежна електростанція, яка виробляє електроенергію для власних потреб об'єктів, не підключених до загальної системи електропостачання, а також для резервного електропостачання. Станція перетворює сонячне випромінювання в електроенергію і постачає її безпосередньо в внутрішню мережу об'єкту, а надлишкові нагромаджуються в акумуляторах. Автономні сонячні станції можуть використовуватися в якості єдиного джерела електричної енергії, а в разі використання гібридного інвертора система може забезпечити не тільки автономність, але й продаж в мережі за "зеленим" тарифом.

Переваги придбання автономної сонячної електростанції:

- Автономність і безперебійність;
- Сонце – незалежний безмежний постачальник електричної енергії;
- Високий рівень продуктивності;
- Безпека для навколишнього середовища;
- Безшумність при роботі;
- Термін служби – більше 25 років;
- Просте та економне обслуговування;
- Значна економія при постійно "зростаючих" тарифах;
- Додатковий дохід від продажу електроенергії в мережу.

Сонячна енергія – це відносно дорогий ресурс. За рахунок того, що облаштування будинку сонячними накопичувальними елементами обходиться в значну суму, багато країн світу створюють комфортні умови для використання даного екологічно чистого джерела енергії шляхом видачі кредитів та оформлення документів на використання «зеленого» тарифу, за рахунок якого можна набагато швидше повернути вкладені у систему кошти.

До недоліків фотоелектричних станцій слід віднести те, що сонячна радіація не поступає на панелі вночі, тому багато часу система простоює. Також перешкодою для сонячної енергії є дощ та хмари.

Один з найдорожчих елементів системи – акумулятор. Але виправдовує ці затрати те, що акумуляторні батареї дозволяють вночі використовувати електроенергію, яка була отримана панелями вдень.

Недоліки придбання автономної сонячної електростанції:

- Висока вартість;
- Залежність від погоди і часу доби;
- Потребує багато місця;
- Вибаглива до умов навколишнього середовища;
- Зниження ККД при нагріванні фотоелектричних модулів.

2.3 Висновки до розділу

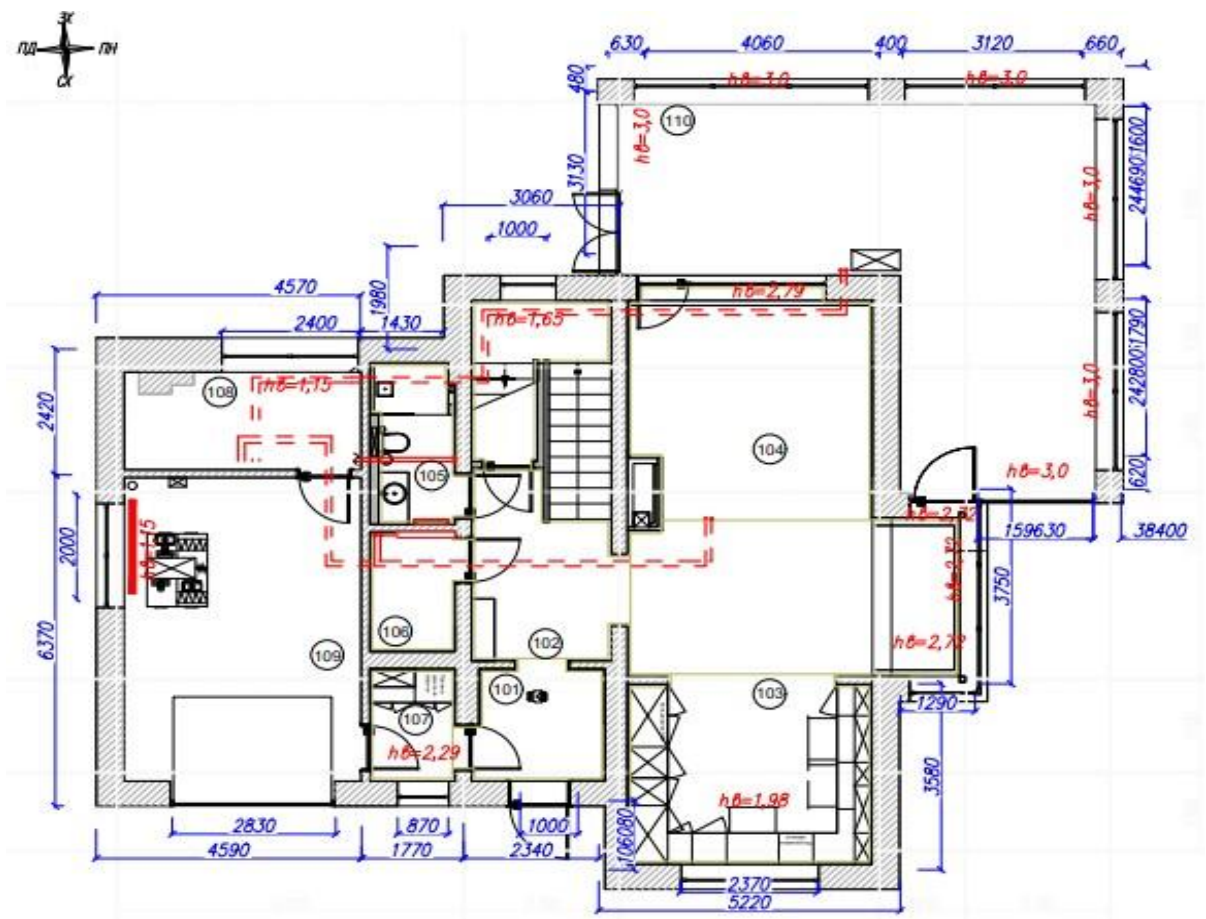
Якщо основною проблемою є відсутність енергозабезпечення об'єкта, або його ненадійність в зв'язку з непередбачуваними відключеннями електроенергії, то, оцінюючи усі плюси та мінуси використання сонячних електростанцій, можна зробити висновок, що автономна сонячна електростанція є оптимальним рішенням енергозабезпечення при відсутності мережі живлення, при бажанні не залежати від цієї мережі, при сприятливих географічних умовах та достатніх масштабах під установку сонячних панелей.

РОЗДІЛ 3

ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОГО НАСОСУ І СИСТЕМИ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

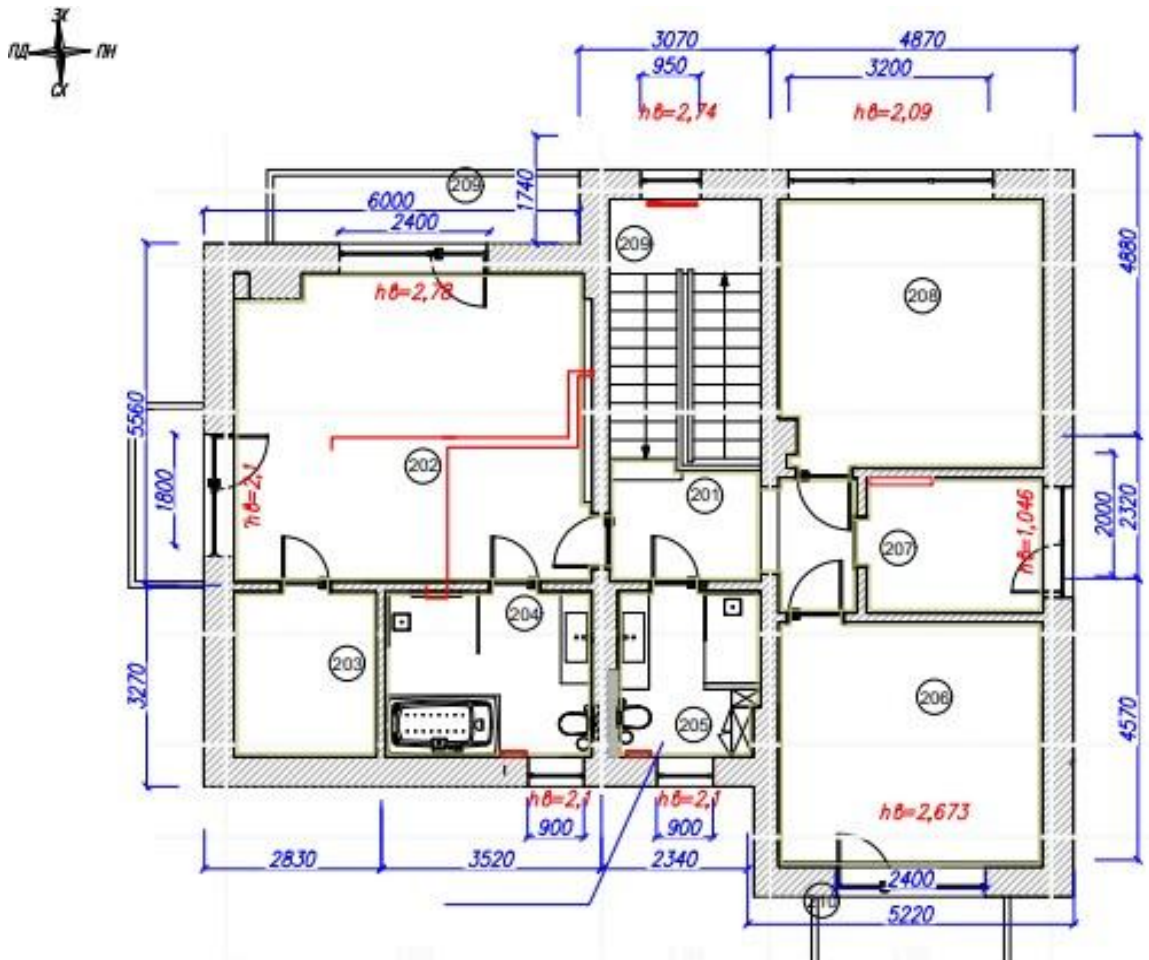
3.1 Опис об'єкта

Будинок являє собою двоповерхову будівлю без горища та підвалу, загальною площею 272 м². Покрівля плоска з ПВХ мембрани, присутній утеплювач ROCKWOOL. Стіни складаються з газо-бетонних блоків, а саме AEROC D 500 який виконує роль несучої конструкції і AEROC Energy D 150 який використано в якості утеплювача, газо-бетонні блоки ізольовані від парів вологи гідроізоляційною мастикою, цементно-стружкових плит та личкувальної цегли в півцегли, в зазорі між якими (50 мм) – повітряний простір Тип перекриття: залізобетонний двопустотний збірний настил, в якості утеплювача використано пінобетон, товщина перекриття $\delta_p=160$ мм. Тип вікна: двокамерні склопакети VIKNAROFF. Будинок оснащений теплою підлогою. План першого та другого поверхів наведено на рис. 3.1 та рис. 3.2.



101 – Передпокій; 102 – Хол; 103 – Кухня; 104 – Вітальня-їдальня; 105 – Санвузол;
106 – Гардероб; 107 – Пральня; 108 – Котельня; 109 – Гараж; 110 – Тераса

Рисунок 3.1 – План першого поверху



201 – Коридор; 202 – Спальня; 203 – Гардероб; 204 – Санвузол; 205 – Санвузол;
206 – Дитяча кімната; 207 – Гардероб 208 – Кабінет; 209 – Сходовна.

Рисунок 3.2 – план другого поверху

3.2 Вихідні дані

Кліматологічні дані для м. Києва:

- тривалість опалювального періоду складає $n_{оп} = 187$ діб ;
- середня температура найхолоднішої п'ятиденки $t_{p,0} = -22$ °С.

Температура внутрішнього повітря $t_{вн} = 20$ °С.

Коефіцієнт тепловіддачі від внутрішнього повітря до внутрішніх поверхонь стін $\alpha_v = 8,7$ Вт/(м²К).

Коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні стіни до оточуючого повітря $\alpha_z = 23$ Вт/(м²К).

Коефіцієнт теплопередачі через вікна (двокамерні склопакети VIKNAROFF 4-10- 4-10-4) $K_{вік} = 2,08$ Вт/(м²К).

Коефіцієнт теплопередачі через зовнішні двері (з цільного дерева)
 $K_{\text{дв.зовн}} = 1,9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$.

Коефіцієнт теплопередачі через металопластикові двері (двокамерні склопакети) $K_{\text{дв.балк}} = 1,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$.

Коефіцієнт теплопередачі через гаражні секційні ворота (виробництва компанії «Ryterna») $K_{\text{вор}} = 1,0 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$.

Висота поверху будинку $H = 3 \text{ м}$.

Кількість людей, проживаючих в будівлі $n = 5$, з яких 3 чоловіка і 2 жінки.

3.3 Втрати теплоти через огорожувальні конструкції

Втрати теплоти через зовнішні огорожувальні конструкції складаються з основних та додаткових і розраховуються для кожного елемента огорожувальної конструкції за формулою

$$Q_{\text{ог.і}} = \left(\frac{1}{r_i}\right) F_i \Delta t_i (1 + \sum \beta)_i n_i \cdot 10^{-3}, \quad (3.1)$$

де r_i – питомий термічний опір теплопередачі елемента огорожувальної конструкції, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

F_i – поверхня елемента огорожувальної конструкції, що передає теплоту, м^2 ;

Δt_i – різниця температур між внутрішнім та зовнішнім повітрям, $^{\circ}\text{C}$;

n_i – поправковий коефіцієнт на розрахункову різницю температур, залежить від геометричного положення елемента огорожувальної конструкції або його типу (згідно СНиП II-3-79* $n = 1$ для всіх зовнішніх стін даного будинку);

$\sum \beta$ – додаткові втрати теплоти в частках до основних.

Термічний опір теплопередачі:

$$r = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3}, \quad (3.2)$$

де $\alpha_{\text{вн}} = 8,7$ та $\alpha_3 = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – коефіцієнти тепловіддачі для

внутрішнього та зовнішнього повітря відповідно;

δ_i та λ_i – товщина (м) та теплопровідність (Вт/(м·К)) матеріалів окремих шарів огорожень.

Поверхні F_i зовнішніх стін визначаються за зовнішніми розмірами, поверхні вікон – за розмірами у світлі, поверхні перекриття (підлоги) – за внутрішніми розмірами.

Різниця температур Δt_i визначається за наведеними нижче рекомендаціями при висоті приміщень $H_n=4$ м.

Якщо висота приміщення $H_n \leq 4$ м (наприклад, житлові будівлі), то величина:

$$\Delta t = t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}} , \quad (3.3)$$

де $t_{\text{вн}}$ – розрахункова температура повітря усередині приміщень;

$t_{\text{р.о}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування опалення.

Різниця температур для приміщень, суміжних із навколишнім середовищем:

$$\Delta t = t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}} = 20 - (-22) = 42 \text{ } ^\circ\text{C},$$

Значення додаткових втрат теплоти у частках до основних беруть наступними:

- для зовнішніх вертикальних і нахилених огорожень, які орієнтовані за напрямками, звідки в січні дме вітер зі швидкістю, що перевищує 4,5 м/с з повторюваністю не менше як 15 %: при швидкості вітру до 5 м/с – 0,05 і при швидкості вітру 5 м/с і більше – 0,10; при типовому проектуванні додаткові втрати теплоти рекомендовано враховувати у розмірі 0,05 для всіх типів приміщень;

- для зовнішніх вертикальних і нахилених огорожень багатоповерхових будівель з кількістю поверхів 16 і більше – 0,20 для першого та другого поверхів, 0,15 – для третього і 0,10 для четвертого поверхів; для 10...15 – поверхових будинків – 0,10 для першого і другого поверхів і 0,15 – для

третього поверху.

Для вертикальних та похилих огорожувальних конструкцій при розрахунковій швидкості зовнішнього повітря (в січні) $\Sigma\beta = 0,05$.

3.4 Визначення коефіцієнтів теплопередачі огорожувальних конструкцій

Теплофізичні характеристики конструкції зовнішніх стін приведено у табл. 3.1.

Стіни хоча й мають велику площу, але є добре утепленими – тому втрати через них будуть не надто високі. Будівля будувалась з газобетонних блоків, які є добрими теплоізоляторами.

Таблиця 3.1 – Теплофізичні характеристики будівельних матеріалів для стін будинку

Найменування матеріалу	Розрахункові характеристики	
	λ , Вт/(м·К)	δ , мм
Цементно-піщана штукатурка	1,2	20
Цементно-стружкова плита	0,26	35
Гідроізоляційна мастика	1,05	5
Газо-бетонний блок AEROC D500 200/250/600	0,12	200
Газо-бетонний блок AEROC D 150 100/200/600	0,05	100
Гідроізоляційна мастика	1,05	5
Цементно-стружкова плита	0,26	35
Повітряний простір	0,4	50
Личкувальна цегла в півцегли	0,6	60

Термічний опір зовнішніх стін розраховується за формулою (3.2):

$$r_{\text{ст}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{1,2} + \frac{0,005}{1,05} + \frac{0,035}{0,26} + \frac{0,2}{0,12} + \frac{0,1}{0,05} + \frac{0,035}{0,26} + \frac{0,005}{1,05} + \frac{0,05}{0,4} + \frac{0,06}{0,6} + \frac{1}{23} = 4,35 \frac{\text{м}^2}{\text{Вт}}$$

Коефіцієнт теплопередачі для стін рівний:

$$K_{\text{ст}} = \frac{1}{r_{\text{ст}}} = \frac{1}{4,35} = 0,23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Теплофізичні характеристики конструкції покрівлі наведено у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Теплофізичні характеристики будівельних матеріалів для покрівлі будинку

Найменування матеріалу	Розрахункові характеристики	
	λ , Вт/(м·К)	δ , мм
Шар гіпсокартону	0,16	10
Повітряний простір	0,4	50
Лати з дощок	0,13	25
Пароізоляція «Delta Reflex»	0,04	2
Утеплювач ROCKWOOL	0,038	200
Повітряний простір	0,4	50
Лати з дощок	0,13	25
ПВХ мембрана	0,26	5

Термічний опір покрівлі розраховується за формулою (3.2):

$$r_{\text{покрів}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,16} + \frac{0,05}{0,4} + \frac{0,025}{0,13} + \frac{0,002}{0,04} + \frac{0,2}{0,038} + \frac{0,05}{0,4} + \frac{0,025}{0,13} + \frac{0,005}{0,26} + \frac{1}{23} = 6,19 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Коефіцієнт теплопередачі для покрівлі рівний:

$$K_{\text{покрів}} = \frac{1}{r_{\text{покрів}}} = \frac{1}{6,19} = 0,162 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Площа підлоги, що розташована на ґрунті, поділяється на 4 зони, які паралельні зовнішнім стінам, шириною по 2 м (для першої, другої та третьої зон, а для четвертої – все, що залишилося). На рис. 3.1 показана компоновка приміщення та його розміри. Виходячи з них, а також з рис. 3.2 на якому вказані теплові зони будинку була розрахована площа для першої, другої та

третьої зони відповідно F_1 , F_2 , F_3 . В нашому випадку четверта зона відсутня.

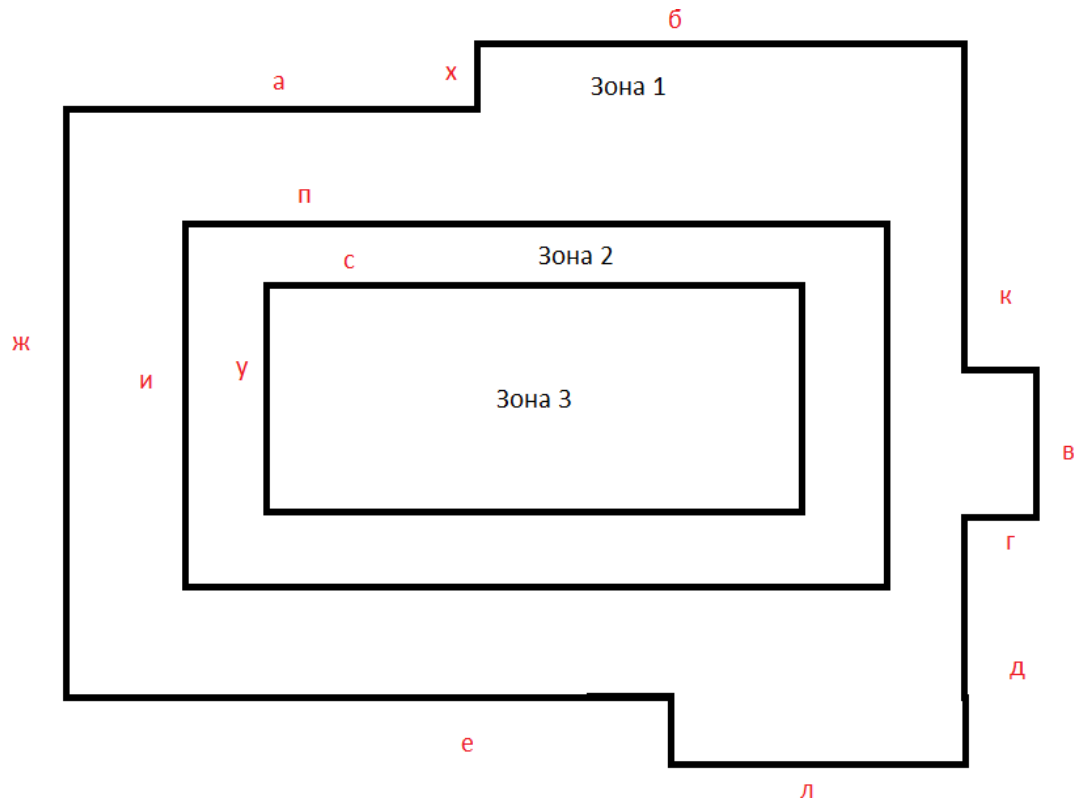


Рисунок 3.2 – Теплові зони будинку

$$F_3 = c \cdot y \quad (3.4)$$

$$F_2 = i \cdot l - F_3 \quad (3.5)$$

$$F_1 = ж \cdot e + г \cdot в + (б - г) \cdot х + z \cdot (2 \cdot 2) - F_2 - F_3, \quad (3.6)$$

де c , y , i , z , p , $й$, m , $л$, $ж$, e , $г$, $в$, $б$, $х$ – довжини відповідних сторін, які вказані на рис. 3.2;

z – кількість кутів першої зони, що прилягають до краю будинку.

Проведемо розрахунок площ за формулами (3.4), (3.5), (3.6):

$$F_3 = 0.790 \cdot 6 = 4.74 \text{ м}^2;$$

$$F_2 = 4.790 \cdot 8 - 4.74 = 33.58 \text{ м}^2;$$

$$F_1 = 13.16 \cdot 11.26 + 5.3 \cdot 8.75 + (6.4 - 5.3) \cdot 1.8 + 6 \cdot (2 \cdot 2) - 33.58 - 4.74 = 163.15 \text{ м}^2.$$

Термічні опори теплопередачі окремих зон не утепленої підлоги (згідно з довідковою літературою [4]) складають:

- для першої зони – $r_1 = 2,15 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$;
- для другої зони – $r_2 = 4,3 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$;
- для третьої зони – $r_3 = 8,6 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$;
- для четвертої зони – $r_4 = 14,2 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$.

Таким чином, для неутепленої підлоги:

$$\sum \frac{F_i}{r_i} = \frac{F_1}{r_{(yn)1}} + \frac{F_2}{r_{(yn)2}} + \frac{F_3}{r_{(yn)3}} + \frac{F_4}{r_{(yn)4}}, \quad (3.7)$$

Якщо в конструкції підлоги є утеплювач, теплопровідність якого складає $\lambda_y \leq 1,163 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, то підлога вважається утепленою, а термічні опори теплопередачі окремих зон утепленої підлоги розраховуються за формулою:

$$r_{(yn)i} = r_{(нп)i} + \sum \frac{\delta_{yi}}{\lambda_{yi}} \quad (3.8)$$

де δ_{yi} та λ_{yi} – товщина, м, та теплопровідність, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, окремих шарів утеплювача відповідно.

Далі проводимо розрахунок теплових втрат через підлогу для панельної системи опалення. Будемо враховувати при розрахунку в формулі (3.8) всі складові підлоги з таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Теплофізичні характеристики будівельних матеріалів для підлоги першого поверху

Найменування матеріалу	Розрахункові характеристики	
	λ , $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$	δ , мм
Плитка керамічна	1,5	12
Система теплої підлоги в мокрій стяжці	1,51	60
Пароізоляція «Delta Reflex»	0,04	2
Утеплювач ROCKWOOL	0,037	100
Пароізоляція «Delta Reflex»	0,04	2
Чорнова стяжка	1,51	100
Утеплюючий керамзит	0,16	300
Будівельний пісок з вологістю 10%	0,97	150

Для першої зони:

$$r_{(yn)1} = 2,15 + \frac{0,02}{1,51} + \frac{0,002}{0,04} + \frac{0,1}{0,037} + \frac{0,02}{0,04} + \frac{0,1}{1,51} + \frac{0,3}{0,16} + \frac{0,15}{0,97} = 7,06 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт};$$

$$r_{(yn)2} = 4,3 + \frac{0,02}{1,51} + \frac{0,002}{0,04} + \frac{0,1}{0,037} + \frac{0,02}{0,04} + \frac{0,1}{1,51} + \frac{0,3}{0,16} + \frac{0,15}{0,97} = 9,21 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт};$$

$$r_{(yn)3} = 8,6 + \frac{0,02}{1,51} + \frac{0,002}{0,04} + \frac{0,1}{0,037} + \frac{0,02}{0,04} + \frac{0,1}{1,51} + \frac{0,3}{0,16} + \frac{0,15}{0,97} = 13,51 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт};$$

Таким чином, підставляючи отримані термічні опори теплопередачі окремих зон утепленої підлоги в формулу (3.7), отримаємо величину $\sum \frac{F_i}{r_i}$, Вт/К, для підлоги, яка опалюється панельним опаленням:

$$\sum \frac{F_i}{r_i} = \frac{163,15}{7,06} + \frac{33,58}{9,21} + \frac{4,76}{13,51} = 27,09 \frac{\text{Вт}}{\text{К}}$$

Проведемо розрахунок теплових втрат через перекриття. Коефіцієнти теплопередачі деяких будівельних матеріалів огорожувальних конструкцій наведені в [4]. Термічний опір повітряного прошарку горища згідно з [4] становить $r_{\text{п}} = 0,28 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}$. Перекриття складається з листа ДСП і утеплювача ROCKWOOL, товщина і теплопровідність яких, відповідно, дорівнюють $\delta_{\text{дсп}} = 0,025 \text{ м}$, $\delta_{\text{ут}} = 0,2 \text{ м}$ та $\lambda_{\text{дсп}} = 0,2 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$, $\lambda_{\text{ут}} = 0,042 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$. Враховуючи це, загальний термічний опір теплопередачі перекриття, суміжного з горищем, дорівнює:

$$r_{\text{гор}} = r_{\text{п}} + \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_{\text{дсп}}}{\lambda_{\text{дсп}}} + \frac{\delta_{\text{ут}}}{\lambda_{\text{ут}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}}, \quad (3.9)$$

де $\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$, $\alpha_{\text{з}} = 12 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ [4].

$$r_{\text{гор}} = 0,28 + \frac{1}{8,7} + \frac{0,025}{0,2} + \frac{0,2}{0,042} + \frac{1}{12} = 5,25 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}$$

Коефіцієнт теплопередачі для перекриття, суміжного з горищем, рівний:

$$K_{\text{гор}} = \frac{1}{r_{\text{гор}}} = \frac{1}{5,25} = 5,25 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (3.10)$$

3.5 Визначення площ огорожувальних конструкцій

Площа вікон:

1-го вікна: 1,99 м ² ;	6-го вікна: 4,69 м ² ;	11-го вікна: 3,78 м ² ;
2-го вікна: 2,3 м ² ;	7-го вікна: 8,37 м ² ;	12-го вікна: 6,67 м ² ;
3-го вікна: 2,76 м ² ;	8-го вікна: 6,48 м ² ;	13-го вікна: 2,6 м ² ;
4-го вікна: 1,65 м ² ;	9-го вікна: 1,89 м ² ;	14-го вікна: 6,68 м ² ;
5-го вікна: 17,21 м ² ;	10-го вікна: 1,89 м ² ;	15-го вікна: 2,09 м ² .

Загальна площа вікон $F_{\text{вік}} = 71,05 \text{ м}^2$.

Розрахуємо площу зовнішніх дверей та гаражних секційних воріт:

Розміри 1-го типу дверей: $1 \times 2,28 \text{ м}^2$ (1 шт.);

Розміри гаражних секційних воріт: $2,83 \times 2,5 \text{ м}^2$ (1 шт.).

Загальна площа дверей та гаражних воріт $F_{\text{д}} = 2,28 + 7,075 = 9,355 \text{ м}^2$

Загальна площа зовнішніх стін розраховується за формулою:

$$F_{\text{ст}} = P \cdot H - F_{\text{вік}} - F_{\text{дв,вор}} , \quad (3.11)$$

де P – зовнішній периметр будинку, м. $P = 105 \text{ м}$ (з плану будинка);

H – висота поверху, м. $H = 3 \text{ м}$.

Загальна площа стін дорівнює $F_{\text{ст}} = 105,3 - 71,05 - 9,355 = 234,595 \text{ м}^2$.

3.6 Визначення втрат теплоти через огорожувальні конструкції

Втрати теплоти через вікна:

$$Q_{\text{вік}} = K_{\text{вік}} \cdot F_{\text{вік}} \cdot \Delta t \cdot n \cdot 10^{-3} \quad (3.12)$$

$$Q_{\text{вік}} = 2,08 \cdot 71,05 \cdot 42 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 6,20 \text{ кВт}$$

Втрати теплоти через зовнішні двері та гаражні секційні ворота:

$$Q_{\text{дв,вор}} = (K_{\text{дв,зовн}} \cdot F_{\text{дв}} + K_{\text{вор}} \cdot F_{\text{вор}}) \cdot \Delta t \cdot n \cdot 10^{-3} \quad (3.13)$$

$$Q_{\text{дв,вор}} = (1,9 \cdot 2,28 + 1 \cdot 7,075) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,50 \text{ кВт}$$

Втрати теплоти через підлогу для панельного опалення:

$$Q_{\text{під}} = \sum \frac{F_i}{r_i} \cdot (t_{\text{л}} - t_{\text{р.о}}) \cdot n \cdot 10^{-3} , \quad (3.14)$$

де $t_{\text{л}}$ – це логарифмічний температурний напір:

$$t_{\text{л}} = (t_{\text{под}} - t_{\text{пов}}) / \ln \frac{t_{\text{под}}}{t_{\text{пов}}} \quad (3.15)$$

$$t_{\text{л}} = \frac{40 - 35}{\ln \frac{40}{35}} = 37,44 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{\text{під}} = 27,09 \cdot (37,44 - (-22)) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 1,31 \text{ кВт}$$

Втрати теплоти через зовнішні стіни:

$$Q_{\text{ст}} = K_{\text{ст}} \cdot F_{\text{ст}} \cdot \Delta t \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n \cdot 10^{-3}, \quad (3.16)$$

$$Q_{\text{ст}} = 0,23 \cdot 234,59 \cdot 42 \cdot (1 + 0,05) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 3,3 \text{ кВт}$$

Втрати теплоти через перекриття, що суміжне з дахом:

$$Q_{\text{гор}} = K_{\text{гор}} \cdot F_{\text{гор}} \cdot \Delta t \cdot n \cdot 10^{-3}, \quad (3.17)$$

$$Q_{\text{гор}} = 0,19 \cdot 163,15 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,24 \text{ кВт}$$

Втрати теплоти через стіни в гаражі:

$$Q_{\text{ст.г}} = K_{\text{ст.г}} \cdot F_{\text{ст.г}} \cdot \Delta t \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n \cdot 10^{-3}, \quad (3.18)$$

$$Q_{\text{ст.г}} = 0,23 \cdot 32,88 \cdot (20 + 22) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,88 \text{ кВт}$$

Втрати теплоти через гаражні ворота:

$$Q_{\text{вор}} = K_{\text{вор}} \cdot F_{\text{вор}} \cdot \Delta t \cdot n \cdot 10^{-3}, \quad (3.19)$$

$$Q_{\text{вор}} = 1 \cdot 7,075 \cdot (20 + 22) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,29 \text{ кВт}$$

Втрати теплоти через підлогу в гаражі:

$$Q_{\text{під.г}} = \sum \frac{F_i}{r_i} (t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}) n \cdot 10^{-3}, \quad (3.20)$$

$$Q_{\text{під.г}} = 3,72 \cdot (20 - (-22)) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,16 \text{ кВт}$$

Втрати теплоти через вікно, яке знаходиться в гаражі:

$$Q_{\text{вік.г}} = K_{\text{вік}} \cdot F_{\text{вік}} \cdot \Delta t \cdot n \cdot 10^{-3}, \quad (3.21)$$

$$Q_{\text{вік.г}} = 2,08 \cdot 2,3 \cdot 42 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,20 \text{ кВт}$$

Втрати теплоти через гараж:

$$Q_{\text{г}} = Q_{\text{вор}} + Q_{\text{ст.г}} + Q_{\text{під.г}} + Q_{\text{вік.г}}, \quad (3.22)$$

$$Q_{\text{г}} = 0,88 + 0,29 + 0,16 + 0,20 = 1,52 \text{ кВт}$$

Втрати теплоти через терасу, яка отоплюється повітродувкою.

Втрати теплоти через стіни тераси:

$$Q_{\text{ст.т}} = K_{\text{ст.т}} \cdot F_{\text{ст.т}} \cdot \Delta t \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n \cdot 10^{-3}, \quad (3.23)$$

$$Q_{\text{ст.т}} = 0,23 \cdot 11,95 \cdot (10 + 22) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,08 \text{ кВт}$$

Втрати теплоти через підлогу на терасі:

$$Q_{\text{під.т}} = \sum \frac{F_i}{r_i} (t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}) n \cdot 10^{-3}, \quad (3.24)$$

$$Q_{\text{під.т}} = 6,9(10 - (-22))1 \cdot 10^{-3} = 0,22 \text{ кВт}$$

Втрати теплоти через вікна, які розміщені на терасі:

$$Q_{\text{вік.т}} = K_{\text{вік}} \cdot F_{\text{вік}} \cdot \Delta t \cdot n \cdot 10^{-3}, \quad (3.25)$$

$$Q_{\text{вік.т}} = 2,08 \cdot 54,15 \cdot 32 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 3,20 \text{ кВт}$$

Втрати теплоти через терасу:

$$Q_{\text{т}} = Q_{\text{ст.т}} + Q_{\text{під.т}} + Q_{\text{вік.т}}, \quad (3.26)$$

$$Q_{\text{т}} = 0,08 + 0,22 + 3,20 = 3,5 \text{ кВт}$$

Загальні втрати теплоти будинку через огорожувальні конструкції:

$$Q_{\text{ог}} = Q_{\text{вік}} + Q_{\text{дв.вор}} + Q_{\text{під}} + Q_{\text{ст}} + Q_{\text{гор}} + Q_{\text{т}}, \quad (3.27)$$

$$Q_{\text{ог}} = 6,20 + 0,50 + 1,31 + 3,3 + 0,24 + 3,5 = 14,05 \text{ кВт}$$

3.7 Витрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря

Як правило, інфільтрація холодного повітря всередину приміщень відбувається крізь наявні в них нещільності в конструкціях світлових і дверних прорізів, за наявності неущільнених стиків стін, а також при виявленні відкритих прорізів у огорожувальних конструкціях. У ході проведення робіт з енергетичного аудиту будівель такі місця тепловтрат виявляються за допомогою вимірювальних приладів або органолептичним методом. Після цього заміряються розміри виявлених щілин (нещільностей) або прорізів, і за допомогою вимірювального обладнання (анемометра) вимірюється значення швидкості повітря, що інфільтрується крізь них.

Для практичних розрахунків під час проведення зазначених робіт інфільтрацію повітря крізь суцільні (без явних тріщин) стінові конструкції

обстежуваної будівлі проводити не рекомендується внаслідок їх високого опору до проникнення повітря.

Витрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря $Q_{\text{інф}}$, Вт, розраховуються для кожного опалюваного приміщення, яке має одне або більшу кількість вікон чи балконних дверей в зовнішніх стінах, виходячи з необхідності забезпечення підігрівання нагрівальними приладами зовнішнього повітря в об'ємі однократного повітрообміну за годину за формулою:

$$Q_{\text{інф}} = \left(\frac{1}{3600} \right) \cdot c_{\text{пов}} \cdot \rho_{\text{пов}} \cdot F_{\text{п}} \cdot h \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}) \cdot k, \quad (3.28)$$

де $c_{\text{пов}}$ – питома масова теплоємність повітря, Дж/(кг·К), яку можна взяти 1005 Дж/(кг·К);

$\rho_{\text{пов}}$ – густина повітря, кг/м³, яка розраховується за точною формулою [5], або її можна приблизно взяти 1,2 кг/м³;

$F_{\text{п}}$ – площа підлоги приміщення, м²;

h – висота приміщення від підлоги до стелі, м, але не більше 3,5 м;

k – розрахункова кратність повітрообміну: для кімнат – 0,3; для приміщень з камінами та подібних ним складають 0,8; для кухонь та санвузлів – 1,0.

Висота поверхів в даному будинку складає $h = 3$ м.

Площа кімнат становить $F_{\text{п.кім}} = 134,36$ м². Площа кухні та санвузлів становить $F_{\text{п.кух}} = 34,41$ м². Площі приміщень визначено з плану будинку.

За формулою (3.28) витрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря складають:

для кімнат:

$$Q_{\text{інф.кім}} = \left(\frac{1}{3600} \right) \cdot 1005 \cdot 1,2 \cdot 228,17 \cdot 3 \cdot (20 - (-22)) \cdot 0,3 = 2389 \text{ Вт}$$

для кухні та санвузлів:

$$Q_{\text{інф.кух}} = \left(\frac{1}{3600} \right) \cdot 1005 \cdot 1,2 \cdot 34,41 \cdot 3 \cdot (20 - (-22)) \cdot 1 = 992 \text{ Вт}$$

Загальні витрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря:

$$Q_{\text{інф}} = Q_{\text{інф.кім}} + Q_{\text{інф.кух}} , \quad (3.29)$$

$$Q_{\text{інф}} = 2889 + 1452 = 3,34 \text{ кВт}$$

Розрахунок витрат теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря через реальні нещільності може втрачати зміст при ущільнених сучасних вікнах та дверях. Отримані значення інфільтрації можуть виявитись настільки малими, що не будуть задовольняти санітарним нормам з повітрообміну. І тоді сучасні виробники пластикових вікон роблять в них спеціальні клапани для збільшення інфільтрації. Інакше кажучи, ми вимушені відкривати квартиру і, тим самим, все рівно збільшуємо інфільтрацію до комфортних умов. Таким чином правильно було б користуватись формулами, отриманими із міркувань досягнення комфортних умов для даного типу приміщення в залежності від кількості людей, режиму їх перебування в приміщенні тощо.

$$Q_{\text{втр}} = Q_{\text{ог}} + Q_{\text{інф}} , \quad (3.30)$$

$$Q_{\text{втр}} = 14,05 + 3,34 = 17,39 \text{ кВт}$$

3.8 Середня та річна витрати теплоти на опалення

Середня витрата теплоти на опалення розраховується за формулою:

$$Q_o^{\text{cp}} = Q \cdot \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{ср.о}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}} , \quad (3.31)$$

де $t_{\text{ср.о}}$ – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період. Для Києва $t_{\text{ср.о}} = -1,1^\circ\text{C}$.

$$Q_o^{\text{cp}} = 17,39 \cdot \frac{20 - (-1,1)}{20 - (-22)} = 8,71 \text{ кВт}$$

Річна витрата теплоти на опалення, кВт·год/рік:

$$Q_o^{\text{річ}} = Q_o^{\text{cp}} \cdot n_{\text{оп}} \cdot 24 , \quad (3.32)$$

де $n_{\text{оп}}$ – тривалість опалювального періоду, діб;

Q_o^{cp} – середня витрата теплоти на опалення, кВт.

$$Q_o^{\text{річ}} = 8,71 \cdot 187 \cdot 24 = 43718 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}$$

3.9 Витрати теплоти на гаряче водопостачання

Середні витрати теплоти на гаряче водопостачання (ГВП) за опалювальний період розраховуються за формулою:

$$Q_{\text{ГВП}}^{\text{ср}} = K_{\text{т.п}} \cdot M_{\text{ГВ}} \cdot c_{\text{в}} \cdot (t_{\text{ГВ}} - t_{\text{х.з}}) , \quad (3.33)$$

де $K_{\text{т.п}}$ – коефіцієнт, що враховує втрати теплоти від трубопроводів системи ГВП та витрати теплоти на опалення ванних кімнат, $K_{\text{т.п}} = 1,2$;

$c_{\text{в}}$ – теплоємність води, $c_{\text{в}} = 4187 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$;

$t_{\text{ГВ}}$ – температура гарячої води у споживача, $t_{\text{ГВ}} = 55^\circ\text{C}$;

$t_{\text{х.з}}$ – температура холодної водопровідної води в зимовий час, $t_{\text{х.з}} = 5^\circ\text{C}$;

Величина масової витрати гарячої води визначається за формулою:

$$M_{\text{ГВ}} = \frac{m \cdot a}{24} , \quad (3.34)$$

де m – кількість людей, які використовують гарячу воду в будинку;

a – норма витрати гарячої води на одну людину за добу, $a = 90 \text{ кг/добу}$ [6].

$$M_{\text{ГВ}} = \frac{5 \cdot 90}{24} = 18.75 \frac{\text{кг}}{\text{год}} = 5,2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

За формулою (3.33) розрахуємо середні витрати теплоти на ГВП за опалювальний період:

$$Q_{\text{ГВП}}^{\text{ср}} = 1,2 \cdot 5,2 \cdot 10^{-3} \cdot 4187 \cdot (55 - 5) = 1306 \text{ Вт} = 1,31 \text{ кВт}$$

Максимальні витрати теплоти на ГВП житлових та громадських будівель за опалювальний період складають:

$$Q_{\text{ГВП}}^{\text{макс}} = (2 \dots 2,4) \cdot Q_{\text{ГВП}}^{\text{ср}} = 2 \cdot 1,31 = 2,62 \text{ кВт} \quad (3.35)$$

Результати розрахунків теплового навантаження на систему опалення та витрат теплоти на ГВП зведено у табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Витрати теплоти на систему опалення та ГВП

Вид навантаження	Позначення	Величина, кВт
Витрати теплоти на опалення	Q_o	17,39
Витрати теплоти на вентиляцію	Q_v	Відсутні
Витрати теплоти на ГВП	$Q_{\text{ГВП}}^{\text{макс}}$	2,62

3.10 Розрахунок теплої підлоги

3.10.1 Ізоляція по периметру (компенсаційний шов)

Ізоляція по периметру необхідна для компенсації теплового розширення маси бетону та для зменшення втрат тепла через бічні стіни. Товщина шару ізоляції по периметру повинна становити не менше 5 мм, а її висота дорівнює висоті заливки бетону. Вона виконана зі спіненого поліуретану, не поглинає вологу. Крім ізоляції по периметру використовується ізоляція для компенсаційних швів. Від попередньої вона відрізняється відсутністю привареної поліетиленової плівки, виконує роль вологозахисної ізоляції. Якщо застосування ізоляції по периметру завжди обов'язково, то компенсаційний шов застосовується у разі якщо площа приміщення більше 40 м². У цих випадках необхідно розбити приміщення на окремі ділянки і виконати додаткові компенсаційні шви. При цьому необхідно так скомпонувати прокладку нагрівального контуру, щоб домогтися мінімальної кількості труб, що проходять через компенсаційний шов (бажано, щоб через компенсаційний шов проходили тільки дві труби: подачі та зворотна). Також дуже важливо, як труба проходить через компенсаційний шов. Труба повинна проходити з невеликим вигином всередині гофрованої трубки довжиною не менше 60 см для забезпечення її рухливості [7].

3.10.2 Гріючий контур

Віддача тепла в системі «теплої підлоги» відбувається за рахунок протікання гарячої води по закільцьованому змійовику (нагрівальному контуру). Тепловий потік проходить через стінку труби, потім через шар бетону, який разом з декоративним покриттям підлоги стає гріючою плитою та віддає тепло приміщенню. Після бетонування дуже проблематично займатися ремонтом трубопроводу, тому важливо правильно вибрати необхідну трубу.

В проєкті обрано металопластикову комбіновану трубу «Aqua - Rex» [7]. Труба має повну корозійну, хімічну та електрохімічну стійкість як зовні, так і зсередини. Внутрішня поверхня є абсолютно гладкою, що знижує гідравлічні втрати тиску в трубі. Відсутність відкладень солей гарантує те, що з часом гідравлічний опір не зміниться. Труба має армований шар з алюмінію, що, крім збільшення міцності труби, знижує її коефіцієнт лінійного розширення.

3.10.3 Шар бетону та покриття підлоги

Гріючий контур заливається бетоном, який вирівнює температуру, приймає на себе силове навантаження і розподіляє її на менш міцний шар теплової ізоляції. Для житлового будівництва застосовують цементний шар з розрахунковим експлуатаційним навантаженням до 2 кН/м². Загальна товщина бетонного шару від площини ізоляції повинна становити не менше 5,5–6,5 см (над поверхнею труби 3,5 – 4,5 см) для рівномірного розподілу тепла по поверхні підлоги і забезпечення необхідної міцності. В бетон, використовуваний для заливки, бажано додавання спеціального пластифікатора для систем «теплої підлоги».

Покриття підлоги настиляється безпосередньо на бетон. В якості декоративного покриття можливе використання:

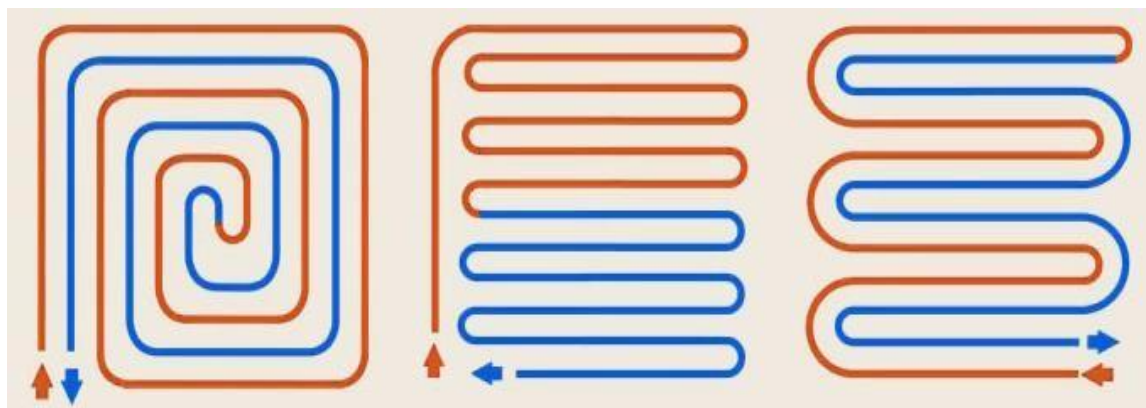
- цементного розчину;
- ліноліуму;
- керамічної плитки;
- пластмасової плитки;
- паркету (спеціальний для теплої підлоги);
- килимового покриття;
- мармурової плитки.

Всі матеріали, використані для покриття, так само як і клей, повинні бути стійкі до тривалого впливу температури 50°C, повинні мати посвідчення, що підтверджує придатність для систем «теплої підлоги» (зміна фізичних властивостей матеріалу, відсутність шкідливих виділень при

нагріванні). При проектуванні системи теплої підлоги необхідно заздалегідь враховувати, який матеріал буде використовуватися надалі для декоративного покриття підлоги, з причини великого впливу типів покриття на корисну віддачу тепла.

В нашому випадку маємо керамічну плитку, тепловий опір якої складає $r_{к.п} = 0,02 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}$ [6] для всіх приміщень.

На рис. 3.3 представлені варіанти компоновки труб теплої підлоги.



а)

б)

а) компоновка равликом; б) компоновка змійкою

Рисунок 3.3 – компоновка труб теплої підлоги

3.10.4 Конструктивні розміри теплої підлоги

Нижче наведений перелік приміщень будівлі, в яких встановлюється тепла підлога.

Перший поверх:

Передпокій ($F_{пр} = 4,85 \text{ м}^2$);

Хол ($F_{хл} = 16,79 \text{ м}^2$);

Кухня ($F_{кх} = 14,64 \text{ м}^2$);

Вітальня-їдальня ($F_{віт} = 35,11 \text{ м}^2$);

Санвузол ($F_{сн} = 4,60 \text{ м}^2$);

Гардероб ($F_{гб} = 3,42 \text{ м}^2$);

Пральня ($F_{пр} = 3,20 \text{ м}^2$).

Другий поверх:

Спальня ($F_{сп} = 28,36 \text{ м}^2$);

Гардероб 1 ($F_{гб1} = 6,14 \text{ м}^2$);

Санвузол 1 ($F_{сн1} = 8,90 \text{ м}^2$);

Санвузол 2 ($F_{сн2} = 6,27 \text{ м}^2$);

Дитяча кімната ($F_{дит} = 16,84 \text{ м}^2$);

Гардероб 2 ($F_{гб2} = 6,32 \text{ м}^2$);

Кабінет ($F_{кб} = 18,33 \text{ м}^2$).

Загальна площа приміщень становить $222,91 \text{ м}^2$.

Визначимо загальні теплові втрати, які має покрити система опалення:

$$Q_{\text{т.п}} = Q_{\text{втр}} - Q_{\text{Г}} - Q_{\text{Т}} , \quad (3.36)$$

де $Q_{\text{втр}}$ – загальні теплові втрати будинку;

$Q_{\text{Г}}$ – теплові втрати в гаражі, який опалюється радіаторами;

$Q_{\text{Т}}$ – теплові втрати на терасі, що опалюється повітрорудовкою.

Теплові втрати в приміщеннях, які опалюються «теплою підлогою»:

$$Q_{\text{т.п}} = 17,39 - 1,52 - 3,5 = 12,36 \text{ кВт}$$

За площею $F_{\text{т.п}}$ (м^2) і тепловими втратами $Q_{\text{т.п}}$ (Вт) приміщень визначаємо необхідний потік теплоти з одного квадратного метра площі q

$$q = \frac{Q_{\text{т.п}}}{F_{\text{т.п}}} , \quad (3.37)$$

$$q = \frac{12360}{222.91} = 55.44 \text{ Вт/м}^2$$

Знаходимо таблицю з відповідним типом покриття [8]. Задаємося температурою теплоносія і по температурі повітря в приміщенні вибираємо крок прокладки труби, враховуючи тип покриття:

•Керамічна плитка:

$q_{\text{к.п.}} = 68 \text{ Вт/м}^2$, $b_{\text{к.п.}} = 0,3 \text{ м}$, середня температура теплоносія $t_{\text{ср}} = 37,5^\circ\text{C}$:

$$t_{\text{під}} = \frac{q}{11,2} + t_{\text{прим}} , \quad (3.38)$$

$$t_{\text{під}} = \frac{68}{11,2} + 20 = 26,1^\circ\text{C}$$

Отримані температури не перевищують допустиму температуру поверхні підлоги, яка складає $t_{\text{під.макс}} = 29^\circ\text{C}$.

Довжиною контуру вважається вся труба, починаючи від колектора, а не тільки та її частина, яка знаходиться безпосередньо в самому опалювальному приміщенні. Згідно з рекомендаціями [9] максимальна довжина труби в одному кільці не повинна перевищувати 100 – 120 м. Гріючий контур необхідно виконувати із суцільної труби. Заливання в бетон з'єднувальних фітінгів недопустимо.

Довжина труб окремо для кожного контуру розраховується за формулою

$$L = \frac{F_{\text{прим}}}{b}, \quad (3.39)$$

Значення записані у табл.3.5 і 3.6 для кожного колектора відповідно.

Маємо два гідравлічних колектори. Перший розташований на першому поверсі. Другий гідравлічний колектор розташований відповідно на другому поверсі.

На першому гідравлічному колекторі маємо 9 контурів, а саме 1 в санвузлі, 1 в пральні, 1 в передпокої, 1 в кухні, 4 в вітальні-їдальні, 1 в холі.

На другому гідравлічному колекторі маємо 11 контурів, а саме 3 в спальній кімнаті, 2 в кабінеті, 1 в гардеробі, 1 в ванній кімнаті з санвузлом, 1 в санвузлі, 2 в дитячій кімнаті. Розташування контурів першого та другого гідравлічного колекторів показано на рис.3.4 та рис.3.5 відповідно.

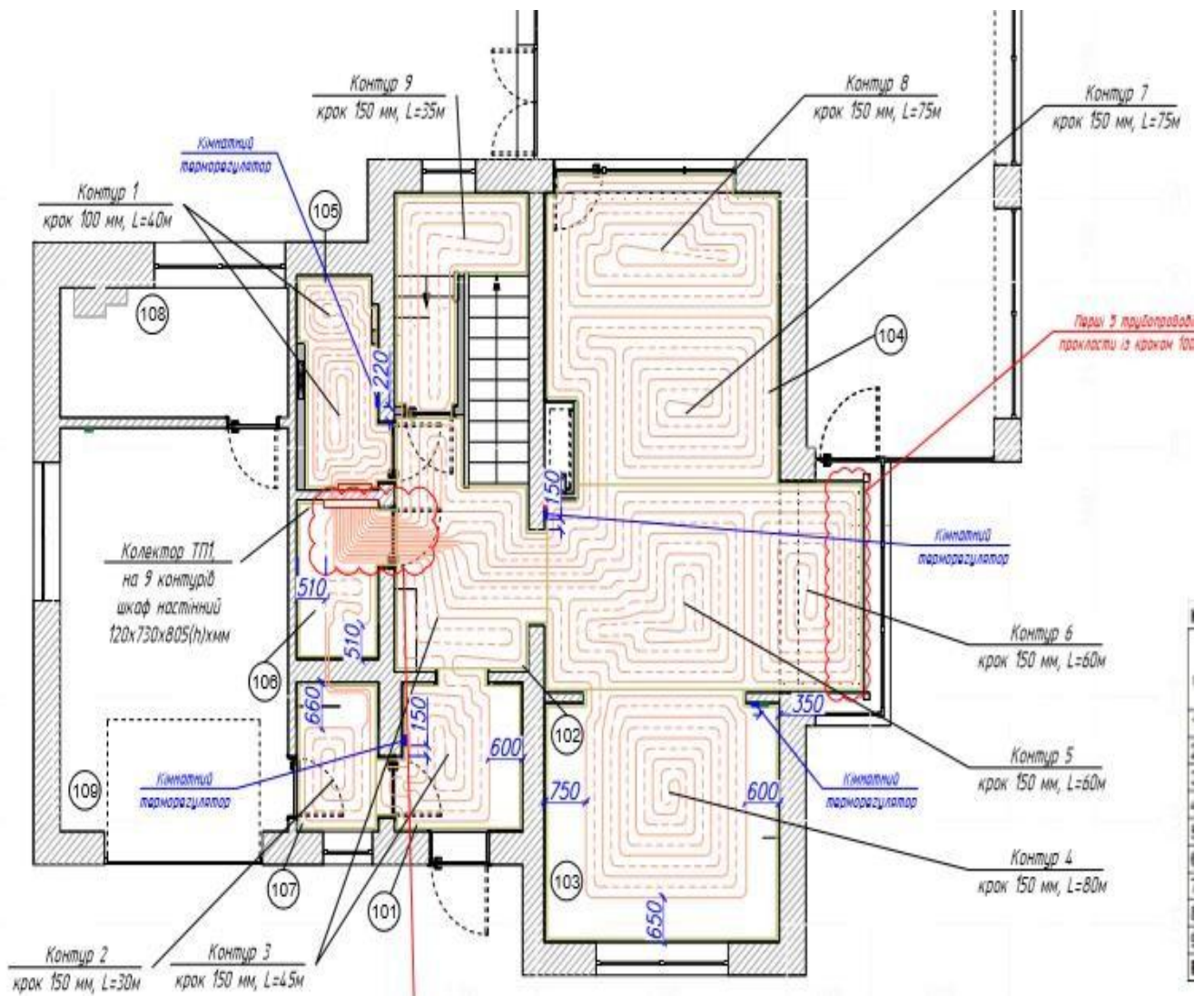


Рисунок 3.4 – Розташування контурів першого гідралічного колектора

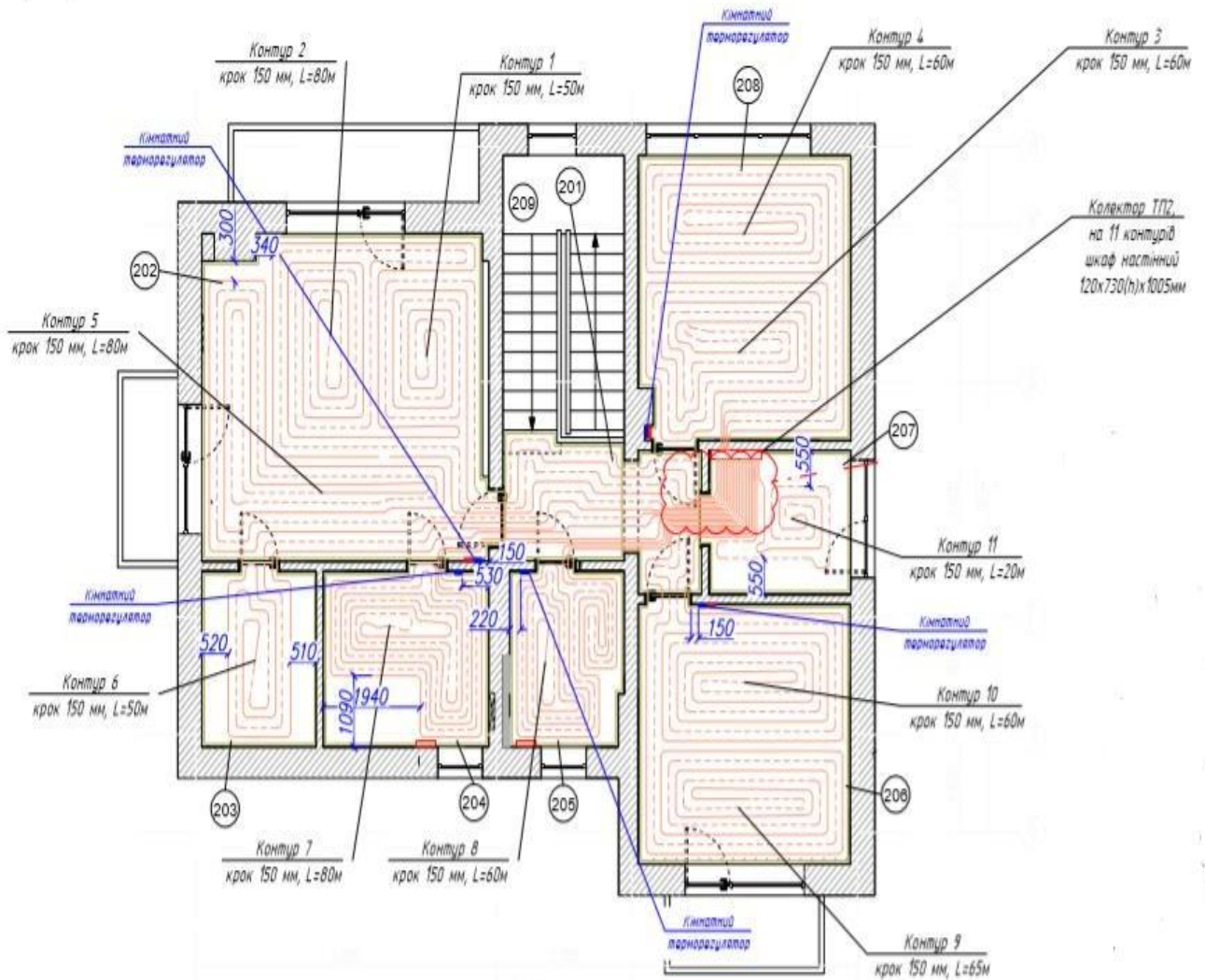


Рисунок 3.5 – Розташування контурів другого гідралічного колектора

При паралельному з'єднанні декількох кілець з паралельною подачею необхідно проводити вирівнювання гідралічного опору окремих кілець. Вирівнювання гідралічного опору проводиться до величини втрат у найбільш несприятливому контурі (найбільші втрати тиску). Різниця відрегульованого гідралічного опору паралельно з'єднаних кілець не повинна перевищувати 20 – 30%. При розрахунку максимальної довжини кільця гріючого контуру також враховують, що опір потоку не повинен перевищувати 20 – 25 кПа. При цьому мінімальна швидкість потоку теплоносія в кільці повинна бути не менше 0,15 – 0,2 м/с (1,4-1,8 л/хв). При цій швидкості повітряні бульбашки будуть видавлюватись з труби, що

виключить можливість утворення повітряних пробок [8]. Враховуючи данні рекомендації було розбито контури на частини в приміщеннях так, як приведено вище.

Виходячи з принципу, за яким були утворені контури «теплої підлоги», розрахуємо теплову потужність кожного контуру та визначимо необхідну витрату теплоносія окремо для кожного контуру.

Формула для розрахунку масової витрати теплоносія

$$m = \frac{1,1 \cdot Q_w}{4190 \cdot (t_{\text{под}} - t_{\text{зв}})}, \quad (3.40)$$

де $t_{\text{под}} = 40^{\circ}\text{C}$ – температура гарячої води на вході;

$t_{\text{зв}} = 35^{\circ}\text{C}$ – температура охолодженої води на виході.

Значення записані у табл.3.5 і табл. 3.6 для кожного колектора відповідно.

Таблиця 3.5 – Теплові потужності та масові витрати гарячої води контурів опалення «теплої підлоги» для першого колектора

№ контуру	Довжина контуру, м	Площа контуру, м ²	Тепловий потік, Вт	Витрата, кг/хв
1	40	6	460	1,3
2	30	4	345	1,0
3	45	6	518	1,5
4	80	11	921	2,6
5	60	8	691	2,0
6	60	8	691	2,0
7	75	10	863	2,5
8	75	10	863	2,5
9	35	5	403	1,2
Сума	500	69	5755	16,5

контурів				
----------	--	--	--	--

Таблиця 3.6 – Теплові потужності та масові витрати гарячої води контурів опалення «теплої підлоги» для другого колектора

№ контуру	Довжина контуру, м	Площа контуру, м ²	Тепловий потік, Вт	Витрата, кг/хв
1	50	6	218	0,6
2	80	10	349	1,0
3	60	7	262	0,8
4	60	7	262	0,8
5	80	10	349	1,0
6	50	6	218	0,6
7	80	10	829	2,4
8	60	7	622	1,8
9	65	8	284	0,8
10	60	7	262	0,8
11	20	2	87	0,3
Сума контурів	665	83	3744	10,7

Загальна сума: $Q_w = 9499$ Вт; $m_w = 27,4$ кг/хв; $m_w = 1644$ кг/год.

За результатами вибираємо трубу для контурів теплої підлоги 16×2 мм.

Уточнимо значення швидкостей гарячої води в кожному контурі за формулою:

$$\omega = \frac{m}{\rho \cdot f}, \quad (3.41)$$

де ρ , кг/м³ – густина теплоносія (для води $\rho = 992,2$ кг/м³);

f , м² – площа поперечного перерізу трубопроводу.

Для труби 16×2 мм площа поперечного перерізу становить:

$$f = \frac{\pi \cdot d_{\text{BH}}^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,012^2}{4} = 1,13 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \quad (3.42)$$

Уточнені значення швидкостей для першого колектора становлять:

$$\omega_1 = \frac{0,021}{992,2 \cdot 1,13 \cdot 10^{-4}} = 0,187 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\omega_2 = \frac{0,016}{992,2 \cdot 1,13 \cdot 10^{-4}} = 0,14 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\omega_3 = \frac{0,025}{992,2 \cdot 1,13 \cdot 10^{-4}} = 0,223 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\omega_4 = \frac{0,043}{992,2 \cdot 1,13 \cdot 10^{-4}} = 0,383 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\omega_5 = \omega_6 = \frac{0,033}{992,2 \cdot 1,13 \cdot 10^{-4}} = 0,294 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\omega_7 = \omega_8 = \frac{0,041}{992,2 \cdot 1,13 \cdot 10^{-4}} = 0,366 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\omega_9 = \frac{0,02}{992,2 \cdot 1,13 \cdot 10^{-4}} = 0,178 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Уточнені значення швидкостей для другого колектора становлять:

$$\omega_1 = \omega_6 = \frac{0,01}{992,2 \cdot 1,13 \cdot 10^{-4}} = 0,089 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\omega_1 = \frac{0,021}{992,2 \cdot 1,13 \cdot 10^{-4}} = 0,187 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\omega_2 = \omega_5 = \frac{0,016}{992,2 \cdot 1,13 \cdot 10^{-4}} = 0,142 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\omega_3 = \omega_4 = \omega_9 = \omega_{10} = \frac{0,013}{992,2 \cdot 1,13 \cdot 10^{-4}} = 0,116 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\omega_7 = \frac{0,04}{992,2 \cdot 1,13 \cdot 10^{-4}} = 0,357 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\omega_8 = \frac{0,03}{992,2 \cdot 1,13 \cdot 10^{-4}} = 0,268 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\omega_{11} = \frac{0,005}{992,2 \cdot 1,13 \cdot 10^{-4}} = 0,044 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Отримані швидкості потоку теплоносія в контурах є більшими за мінімальну швидкість, яка складає 0,15 м/с.

Гідравлічні втрати тиску системи опалення типу «тепла підлога»:

$$\Delta p = L_w \cdot R , \quad (3.43)$$

де R – одиничний гідравлічний опір потоку ($R = 648 \text{ Па/м}$);

L_w – довжина труби гріючого контуру, м.

Для першого колектора гідравлічні втрати тиску становлять відповідно:

$$\Delta p_1 = 500 \cdot 648 = 32400 \text{ Па}$$

Для другого колектора гідравлічні втрати тиску становлять відповідно:

$$\Delta p_2 = 665 \cdot 648 = 430920 \text{ Па}$$

Контури розпаралелюють за допомогою гідравлічних колекторів, які зображено на рис. 3.6. Вони відповідають за регулювання та налагодження системи «тепла підлога». За допомогою регулюючих клапанів, які передбачені в колекторах, відбувається регулювання масової витрати води окремо для кожного контуру.

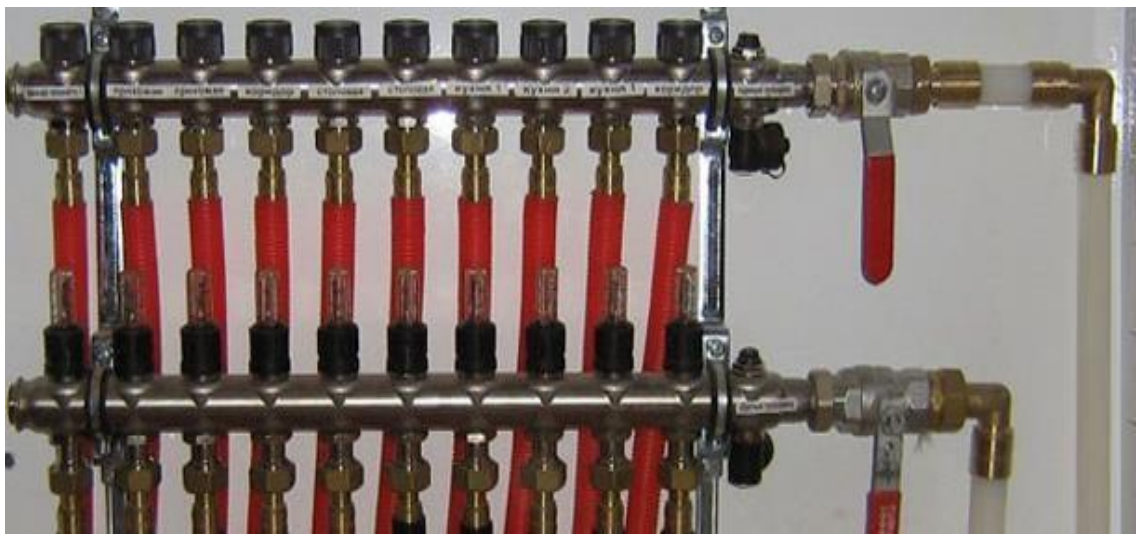


Рисунок 3.6 – Гідравлічні колектори «теплої підлоги»

3.11 Розрахунок панельних радіаторів

3.11.1 Опис конструкції панельних радіаторів

Сталеві панельні радіатори (рис 3.7) опалення були розроблені в якості альтернативи старим чавунним батареям і отримали найбільшу популярність серед власників приватних будинків і котеджів. Головною їх перевагою вважається високий показник тепловіддачі, який набагато вище, ніж у

радіаторів секційного типу. Підходять для будь-яких приміщень через велику різноманітність моделей та варіантів.



Рисунок 3.7 – Сталевий панельний радіатор

Панельні радіатори опалення складаються з кількох (однієї, двох або трьох) панелей, що представляють собою зварені два листа сталі. Після штампування на них виникають вертикальні жолоби, що слугують для циркуляції теплоносія. Для досягнення кращої тепловіддачі зі зворотного боку панелі оснащують сталевими ребрами, які підвищують конвекцію повітря.

Батареї поділяються на наступні різновиди за кількістю панелей:

- тип 10 – батарея з однієї панелі, не оснащена конвектором;
- тип 11 – батарея з однієї панелі, оснащена одним конвектором, не має верхньої решітки;
- тип 20 – батарея з двох панелей, має сітку для випуску повітря, не оснащена конвектором;
- тип 21 – батарея з двох панелей, має один конвектор, зовні закрита кожухом;
- тип 22 – батарея з двох панелей, має два конвектори, кожух;
- тип 30 – батарея з трьох панелей, без конвектора, закрита решіткою зверху;

- тип 33 – батарея з трьох панелей, з трьома конвекторами, закритий кожухом.

Конструкції деяких типів панельних радіаторів зображено на рис. 3.8.

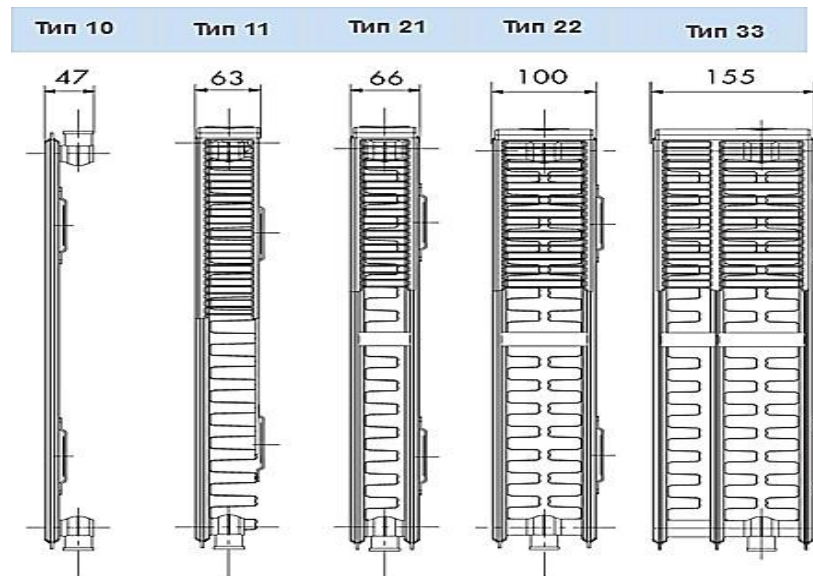


Рисунок 3.8 – Типові конструкції панельних радіаторів

Крім того, панельні радіатори випускаються з нижнім і бічним типами підключення. Причому моделі з нижнім типом підключення зазвичай мають більш високу вартість, обумовлену більш привабливим зовнішнім виглядом: при даному типі підключення труби практично непомітні, вони йдуть у підлогу або плінтус, не порушуючи зовнішнього вигляду стіни.

Панельні радіатори мають ряд переваг, які вигідно виділяють ці радіатори серед інших моделей:

- Проста конструкція. Панельні радіатори є цілісними. Проте у випадку поломки доведеться змінювати всю батарею.

- Висока тепловіддача. Сталевий панельний радіатор підходить для установки в будь-якій кімнаті. Великий показник теплової потужності досягається за рахунок властивостей сталі швидко отримувати і віддавати тепло, а в сукупності з роботою конвекторів результат багаторазово зростає. Також важливу роль відіграє велика площа поверхні радіатора.

- Економічність. Панельний радіатор є найбільш дешевим серед аналогічних. Економія також здійснюється за рахунок того, що таким

батареям потрібно менше теплоносія для нагрівання повітря в приміщенні до необхідної температури.

Серед недоліків варто виділити наступні:

- Слабкість проти гідроударів. Слід зазначити, що не тільки панельні, але і більшість інших радіаторів не виносять різких перепадів тиску в системі. Щоб захистити батареї від протікань та пошкоджень, необхідно встановити редуктор тиску.

- Крихкість. Через особливості конструкції необхідно не допускати при транспортуванні ніяких ударів, подряпин і подібних ушкоджень.

- Неприпустимість контакту внутрішніх поверхонь з киснем. Сталевий панельний радіатор не може стояти без теплоносія більше двох тижнів.

Кращим вибором батарей для приватного будинку стануть сталеві панельні радіатори. Характеристики їх різняться в залежності від конкретної моделі, однак можна виділити загальні середні значення:

- робочий тиск не повинен перевищувати 10 бар;
- максимально допустимий тиск в системі складає 13 бар;
- температура теплоносія не повинна перевищувати 110 градусів;
- показник тепловіддачі коливається в середньому від 1200 до 1800;
- розміри складають до 3 м в довжину, від 20 см до 1 м у висоту.

3.11.2 Тип та конструктивні розміри обраних панельних радіаторів

Сталеві панельні радіатори в будинку влаштовуються в гаражному приміщенні, площа якого складає 23,94 м².

За формулою загальні теплові втрати в гаражі, що опалюються панельними радіаторами, становлять:

$$Q_{п.р} = Q_{г} = 1.53 \text{ кВт}$$

За формулою (3.37) визначимо необхідний потік теплоти з одного квадратного метра площі q , Вт/м²:

$$q = \frac{Q_{т.п}}{F_{т.п}} = \frac{1530}{23,94} = 63 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$

Знайдемо втрати теплоти в кожному приміщенні, яке опалюється панельними радіаторами, за формулою (3.38). Витрати теплоти в гаражі становлять $Q_{\text{гар}}=1530 \text{ Вт}$.

Система опалення панельними радіаторами прийнята двохтрубна тупикова з прокладкою підвідних труб у підготовці підлоги в теплоізоляції товщиною 6 мм. Трубопроводи виконані з поліпропіленових труб ППР PN20 та PN25. Розведення виконується від колекторів, розташованих у котельному приміщенні.

Система опалення містить «теплу підлогу» з температурою гарячого теплоносія 40°C . Підвищення температури води на виході з ТН до 55°C і вище, що має місце в системах опалення тільки за допомогою радіаторів, призведе до зниження ефективності роботи ТН [10]. При цьому буде втрачатись зміст використання «теплої підлоги». Тільки комбінація з панельними радіаторами при тій самій температурі, що і для «теплої підлоги», збереже позитивний ефект використання останньої.

Обираємо радіатори фірми KERMI [11]. Дане виконання дає можливість лівого або правого бокового підключення до системи опалення. За своєю конструкцією радіатор призначений для систем опалення з вимушеною або природною циркуляцією. На задній стороні має приварені дві верхні та дві нижні кріпильні скоби.

З наведеного модельного ряду вибираємо радіатор KERMI V22 500 800.

3.12 Розрахунок фанкойлів для обігріву тераси

3.12.1 Опис конструкції фанкойлів

По конструкції безпосередньо фанкойла, вентилятор може бути встановлений перед теплообмінником і продувати його або ж навпаки після теплообмінника, всмоктуючи повітря з теплообмінника.

Можливо двохтрубне або чотирьохтрубне виконання фанкойлів: для одного теплообмінника з режимами холод / тепло і для двох теплообмінників з незалежними контурами опалення / охолодження відповідно. У разі

чотирьох-трубного виконання з незалежними контурами охолодження / обігрівання можливе одночасне охолодження і обігрівання різних приміщень.



Рисунок 3.9 – Різновиди фанкойлів за типом монтажу

3.12.2 Вибір фанкойла для опалення тераси

Канальний фанкойл в будинку влаштовується на терасі, площа якої складає 48,61 м².

За формулою загальні теплові втрати на терасі, що опалюється каналним фанкойлом, становлять:

$$Q_{п.р} = Q_{т} = 3,5 \text{ кВт}$$

За формулою (3.37) визначимо необхідний потік теплоти з одного квадратного метра площі q , Вт/м²:

$$q = \frac{Q_{т.п}}{F_{т.п}} = \frac{3500}{48,61} = 72 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$

Обрано каналний фанкойл фірми Wolf [12].

3.13 Вибір теплового насоса

Сума опалювальних навантажень для опалення та приготування гарячої витратної води складає $\Sigma Q = 20 \text{ кВт}$.

Для обліку планових періодів відключення подачі електроенергії місцевими підприємствами енергопостачання застосовується коефіцієнт проектування, який підвищує потужність приблизно на 10% [10]. Тоді сумарна потужність, яку необхідно розвивати ТН, складе:

$$Q_{\text{TH}} = 1,1 \cdot \Sigma Q = 1.1 \cdot 20 = 22 \text{ кВт} \quad (3.44)$$

У нашому випадку, для забезпечення максимального теплопостачання від поновлювальних джерел прийнято обладнання: «Геотермальний тепловий насос Viessmann Vitocal 300 – G » у кількості 2 комплектів. Технічні характеристики теплового насосу наведено у табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Технічні характеристики Viessmann Vitocal 300 – G

Назва параметра	Одиниця	Значення параметра
Продуктивність	кВт	11,0
Хладагент		R410A
Кількість хладагенту	Кг	2,4
Перевірочний тиск	МПа	2,9
Компресор		Scroll
Електрична потужність	кВт	1,5
Пусковий струм	А	18
Коефіцієнт перетворення (COP)	5,01	5,01
Об'єм розсолу	л	4
Мінімальний потік розсолу	л/с	0,3
Допустиме падіння тиску первинного контура	кПа	81,0
max./min. Температура первинного контура	°C	+ 25 / – 10
max./min. Температура вторинного контура	°C	65 / 25
Габарити	мм	600 / 850 / 1050
Вага	кг	139

Обладнання відповідає вимогам:

- ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. “Шум. Общие требования безопасности.”;
- ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. “Вибрационная безопасность. Общие требования”.

Теплові насоси Viessmann дозволяють опалювати і кондиціонувати будівлі, вбудований веб-сервер дозволить контролювати роботу теплових насосів через Інтернет, а компресор нового покоління створить високу

продуктивність і суттєву економію в порівнянні з будь-якої іншої опалювальною системою [13].

3.14 Розрахунок вертикального ґрунтового теплообмінника

Загальна довжина ВГТО визначається за формулою[10]:

$$L_c = \frac{10^3 \cdot Q_{\text{ТН}}}{q_c} \cdot \left(\frac{\varphi - 1}{\varphi} \right), \quad (3.44)$$

де q_c – питомий тепловий потік, віднесений до 1 м свердловини, Вт/м;

$Q_{\text{ТН}}$ – теплова потужність теплового насоса, кВт;

φ – коефіцієнт перетворення ТН [13].

Величину q_c визначити аналітичним методом дуже складно в зв'язку з нестационарними процесами тепломасообміну в неоднорідних ґрунтах. Тому для розрахунків у проектуванні приймають значення $q_c = 50$ Вт/м.

$$L_c = \frac{10^3 \cdot 20,8}{50} \cdot \left(\frac{5,01 - 1}{5,01} \right) = 332,8 \text{ м}$$

Кількість зондів вибрано $n = 5$. Отже довжина одного зонду $L = 70$ м.

Для отриманих параметрів гідравлічні втрати тиску $\Delta p_{\text{ВТО}} = 50$ кПа.

3.15 Вибір і розрахунок буферної ємності системи опалення

Теплоаккумулятор (буферна ємність) – це теплоізована ємність (рис. 3.10), призначена для накопичення і акумулювання тепла в гарячій воді. В основі принципу роботи теплоаккумулятора лежить використання високої теплоємності води.

Так наприклад, щоб нагріти один кубічний метр повітря на 4°C досить охолодити 1 літр води всього на 1°C .

Висока теплоакумулююча здатність води дозволяє накопичити тепло під час його вироблення, а використовувати за потреби. Теплоаккумулятори встановлюють в схемах систем з не співпадаючими піками вироблення і споживання тепла, для оптимізації роботи: У схемах об'язки теплових насосів теплоаккумулятори застосовуються для оптимізації режиму роботи,

можливості регулювання теплоспоживання та зниження витрат на електроенергію при роботі за нічним тарифом.



Рисунок 3.10 – Буферна ємність

Конструкція теплоаккумулятора – це сталевий герметичний теплоізований бак з патрубком для приєднання джерела і споживача тепла. Об'єм розраховується за формулою:

$$V_{\text{ТА}} = Q_{\text{ТН}} \cdot (20 \dots 25\text{л}) , \quad (3.45)$$

де $Q_{\text{ТН}}$ – номінальна потужність теплового насоса, Вт;

$V_{\text{ТА}}$ – Об'єм теплоаккумулятора гріючого контура, л.

Мінімально необхідний об'єм буферної ємності становить:

$$V_{\text{ТА}} = 20,8 \cdot 20 = 416 \text{ л}$$

Обираємо буферну ємність для системи опалення виробника Viessmann (Німеччина) Наші умови задовольняє наступна модель: Vitocell 100-E SVP 400 ємністю 400 л. Технічні характеристики наведено у табл. 3.8.

Таблиця 3.8 – Технічні характеристики Vitocell 100-E SVP 400

Марка	V л	h мм	d мм	m кг	PN бар	PN _T бар	F мм	q кВт
Vitocell 100-E SVP 400	400	1630	850	122	3,0	-	100	0,10

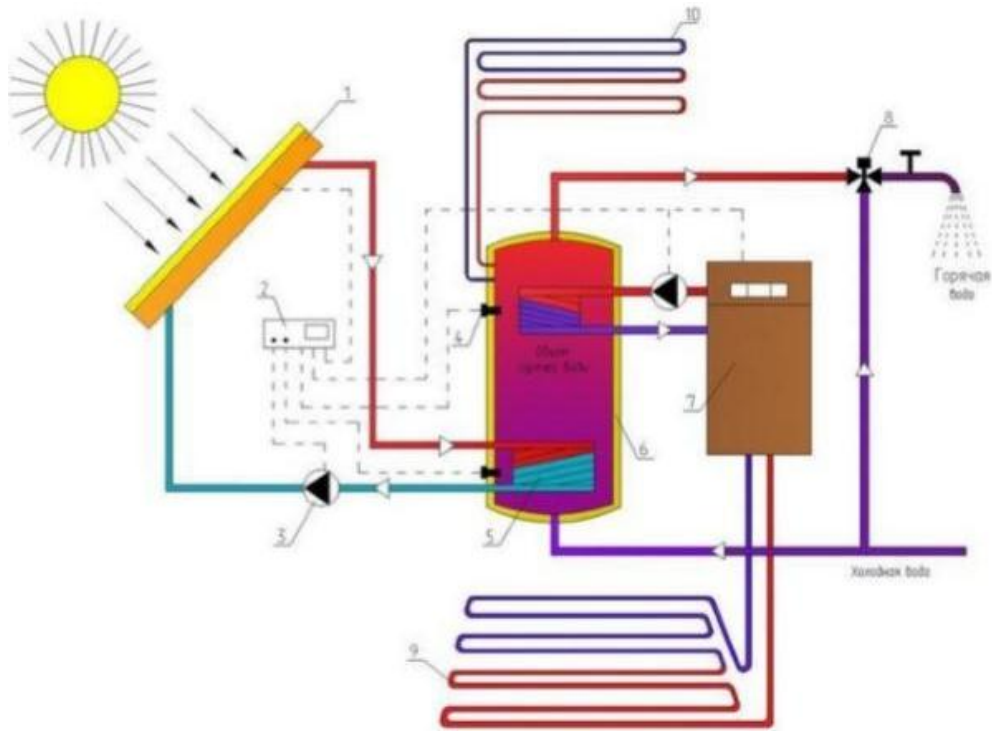


Рисунок 3.11 – Принципова схема комбінованої системи геліосистема – тепловий насос

3.16 Розрахунок системи ГВП

У даному проекті для нагрівання води для потреб ГВП встановлено сонячні колектори. Чим менше різниця температур між температурою джерела теплоти і температурою в системі теплопостачання, тим вище ефективність роботи теплового насоса. Тому для нагріву води в системі ГВП температура в подавальному трубопроводі повинна підтримуватися на мінімально можливому рівні за рахунок збільшення площі поверхні теплообмінника. Для підключення сонячної системи разом з тепловим насосом Viessmann пропонує спеціальний бівалентний водонагрівач для теплового насоса.

3.16.1 Розрахунок накопичувального баку

Головним призначенням накопичувального водонагрівача є підготовлення та накопичення запасу гарячої води в об'ємі, якого буде достатньо, щоб покрити потреби мешканців в період пікового водорозбору. Отже, розраховувати необхідний об'єм слід з урахуванням потреб мешканців будинку. Основними параметрами, за якими виконується підбір водонагрівача, є його об'єм і потужність теплообмінника (для бойлерів непрямого нагрівання). Але, зазвичай, розраховується тільки об'єм бойлера, оскільки виробники ув'язують потужність теплообмінника водонагрівача з його об'ємом.

Для початку необхідно розрахувати витрату води в різних точках водорозбору в період максимального їх використання. Максимальні періоди водорозбору – ранок та вечір. Між цими періодами достатньо часу для повного нагріву води в бойлері.

Температуру нагрівання гарячої води в бойлері приймаємо 60°C , температура теплої води, яка використовується мешканцями, 40°C , температура холодної води 10°C .

Приймаємо, що середня витрата води в душових $V_{\text{сер.душ}} = 12 \text{ л/хв}$ [14]. У середньому мешканці будинку приймають душ $\tau = 5 \text{ хв}$. Всього в будинку проживає $n = 5$ особи. Тоді об'єм води буде складати:

$$V_{\text{душ}} = V_{\text{сер.душ}} \cdot \tau \cdot n = 12 \cdot 5 \cdot 5 = 300 \text{ л} \quad (3.46)$$

Приймаємо середню витрату води на миття посуду $V_{\text{сер.пос}} = 5 \text{ л/хв}$ [14]. Час для миття приймаємо $\tau = 5 \text{ хв}$. Тоді об'єм води буде складати:

$$V_{\text{душ}} = V_{\text{сер.пос}} \cdot \tau = 5 \cdot 5 = 25 \text{ л} \quad (3.47)$$

Загальний об'єм використаної теплої води з температурою 40°C становить:

$$V_{\text{т.в.}} = V_{\text{душ}} + V_{\text{пос}} = 300 + 25 = 325 \text{ л} \quad (3.48)$$

За знайденим об'ємом вибираємо накопичувальний бак фірми Viessmann Vitocell 100 – В CVB 300, технічні характеристики наведено в табл.3.9.

Таблиця 3.9 – Технічні характеристики Viessmann Vitocell 100–B CVB

Марка	V л	h мм	d мм	m кг	PN бар	PNт бар	F мм	q кВт	St м²	Ss м²
Vitocell 100-B CVB 300	300	1746	663	160	10	10	?	0,04	0,9	1,5

3.16.2 Вибір колекторів

Для підбору колектора скористаємося програмою підбору від виробника Viessmann, дані підбору наведено в табл.3.10.

Таблиця 3.10 – Дані підбору колектора

Количество людей	Потребность в тепло/ горячей воде в день, л		Объем накопителя, л	Колектор Количество плоских коллекторов SV/SH/5DI
	45 °C	60 °C		
2	80	60	300	2/2/1
3	120	90		
4	160	120		
5	200	150	400	3/3/–
6	240	180		
7	280	210		
8	320	240	500	4/4/–
10	400	300		

По результатам даного підбору обираємо 2 панелі Vitosol 200 – F 5DI (4,76 м²) характеристики наведено в табл.3.11, на рис.3.12. зображено частину покриття витрат на ГВП за рахунок сонячної енергії у різні місяці року.

Таблиця 3.11 – Технічні характеристики Vitosol 200 – F 5DI

Тип коллектора	Оптический КПД, $\eta_{0\%}$	Коэффициенты тепловых потерь		Удельная теплоемкость кДж/(м²·К)	Максимальная температура при простое, °C
		k_1 Вт/(м²·К)	k_2 Вт/(м²·К²)		
Vitosol 200–F					
– Тип SV2/SH2	79,1 %	3,94	0,0122	5,35	202
– Тип 5 DI	84 %	4,16	0,0073	6,4	185

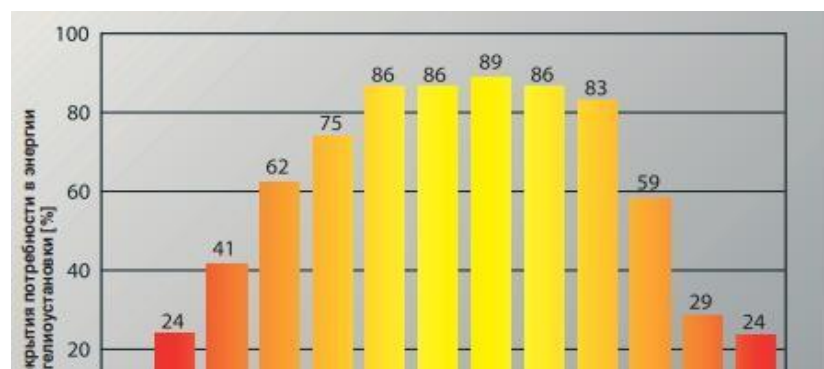


Рисунок 3.12 – Частина покриття витрат на ГВП за рахунок геліосистеми

3.16.3 Вибір розширювальних баків

Розширювальний бак є невід’ємним елементом систем опалення та водопостачання. Оскільки вода під час нагрівання збільшується в об’ємі, головною задачею розширювального бака є приймання надлишку води, що виникає в системі опалення або в бойлері системи ГВП. У результаті цього вирівнюються тиски в системі опалення та в бойлері, знижується ризик виникнення гідравлічних ударів в трубах, їх з’єднаннях та у водорозподільчих пристроях під час вмикання циркуляційних насосів.

Існують два типи розширювальних баків: відкритий та закритий. Відкритий тип сьогодні майже не використовується через ряд недоліків. При нагріванні води її надлишок поступає у відкритий резервуар, що міститься на горищі будинку, а при охолодженні повертається назад у трубопроводи. Через це дана конструкція є доволі громіздкою, також існує ризик zalивання нижніх приміщень будинку. Крім цього, постійний контакт води з повітрям є причиною корозії труб та батарей, виникнення повітряних пробок і порушення циркуляції теплоносія в системі.

Дані недоліки усунені в закритих розширювальних баках з мембраною. Бак всередині розділений резиною мембраною на дві камери різного розміру: в одну на заводі-виробнику накачують повітря, друга залишається порожньою. Саме в неї після завершення монтажу і запуску систем водопостачання та опалення під час нагрівання буде поступати вода. Стиснене повітря в баку прагне відновити свій початковий об’єм, тому при охолодженні рідина буде витіснятись назад до системи. Так в трубах встановлюється постійний напір, система працює стабільно, без перевантажень та стрибків тиску.

Обираємо розширювальний бак виробництва Reflex (Німеччина).

Щоб виконати розрахунок робочого об'єму мембранного розширювального бака, необхідно знати загальний об'єм системи опалення.

Об'єм розширювального бака розраховується за формулою:

$$V_{\text{бак}} = \frac{V_{\text{сист}} \cdot E}{D}, \quad (3.49)$$

де $V_{\text{сист}}$ – сумарний об'єм системи опалення, м³;

E – коефіцієнт розширення рідини, %;

D – ефективність мембранного розширювального бака.

Приймаємо, що для системи опалення «теплою підлогою» об'єм води в системі буде становити 17 л/кВт; для системи опалення з радіаторами – 10,5 л/кВт. для системи з фанкойлами – 10,5 л/кВт [12].

Потужності систем опалення з використанням «теплої підлоги» та панельних радіаторів становлять відповідно 12,36 кВт та 5,3 кВт.

Тоді сумарний об'єм системи опалення становить:

$$V_{\text{сист}} = 17 \cdot 12,36 + 10,5 \cdot 5,03 = 262,93 \text{ л}$$

Значення коефіцієнта розширення води знаходимо з [16] для температури 40°C. Коефіцієнт $E = 0,01$ або 1%.

Значення ефективності мембранного розширювального бака розраховується за формулою:

$$D = \frac{P_{\text{макс}} - P_{\text{стат}}}{P_{\text{макс}} + 1}, \quad (3.50)$$

де $P_{\text{макс}}$ – максимальний робочий тиск. Для котеджів прийнято брати тиск 3 бар;

$P_{\text{стат}}$ – тиск заряджання мембранного розширювального бака, дорівнює статичному тиску системи опалення Ця величина складає 1,5 бар.

$$D = \frac{3 - 1,5}{3 + 1} = 0,375$$

Тоді об'єм розширювального бака дорівнює:

$$V_{\text{бак}} = \frac{262,93 \cdot 0,01}{0,375} = 7 \text{ л}$$

Обираємо розширювальний бак фірми Reflex NG 8 номінальним об'ємом 8 л. Технічні характеристики та габаритні розміри вказано на табл. 3.12 [14].

Таблиця 3.12 – Модельний ряд розширювальних баків Reflex

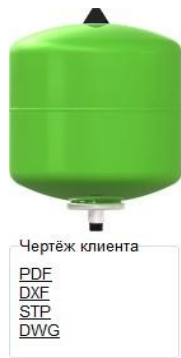
6 бар	Тип 6 бар / 120°C	№ артикула		Номінальний об'єм, л	Вага кг	Ø D мм	H мм	h мм	A	Початк. тиск, бар
		сірий	білий							
	NG 8	8230100	7230107	8	1,7	206	305	-	R ¾	1,5
	NG 12	8240100	7240107	12	2,4	280	275	-	R ¾	1,5
	NG 18	8250100	7250107	18	2,9	280	380	-	R ¾	1,5
	NG 25	8260100	7260107	25	3,7	280	490	130	R ¾	1,5
	NG 35	8270100	7270107	35	4,8	354	460	175	R ¾	1,5
	NG 50	8001011	7001100	50	5,7	409	493	175	R ¾	1,5
	NG 80	8001211	7001300	80	9,2	480	565	166	R 1	1,5
	NG 100	8001411	7001500	100	11,5	480	670	166	R 1	1,5
	NG 140	8001611	7001700	140	13,1	480	912	175	R 1	1,5

Для розрахунку розширювального бака використаємо програму «Reflex Pro Win» від виробника Reflex [17].

Вихідні дані для програми:

- теплова потужність теплогенератора: $Q = 2,2 \text{ кВт}$;
- об'єм бойлера ГВП: $V_{\text{бойл}} = 300 \text{ л}$;
- пікова витрата води: $V_{\text{пик}} = 3,25 \text{ м}^3/\text{год}$;
- максимальна температура води в бойлері: $t_{\text{макс}} = 60^\circ\text{C}$;
- мінімальна температура води в бойлері: $t_{\text{мін}} = 5^\circ\text{C}$;
- статичний тиск: $P_{\text{стат}} = 3 \text{ бар}$;
- тиск спрацювання запобіжного клапана: $P_{\text{макс}} = 6 \text{ бар}$.

У результаті розрахунку, результати якого відображено на рис. 3.13, було обрано мембранний розширювальний бак Reflex DD 12 номінальним об'ємом 12 л та розрахунковим тиском 10 бар.



'refix DD 12', проточный мембр. бак,
10 бар, зелёный
Арт.№ 7308200
Цена 96.80 €

Тендерный документ		План	Монтаж (пример)
<ul style="list-style-type: none"> - контактирующие с водой части защищены от коррозии; - подсоед. патрубок из нержавеющей стали; - мембрана соответствует KTW-C, W 270; - снаружи и изнутри нанесено полимерное покрытие, изнутри соответствует KTW-A; - возможно применение баков с проточной арматурой reflex 'flowjet'; - 'DD 33' имеет крепежные ушки. 			
Тип	:	DD 12	
Номинальный объём	:	12 литр	
Макс. полезный объём	:	9 литр	
Доп. рабочая температура	:	70 °C	
Доп. избыт. раб. давление	:	10 бар	
Давл. воздуха с завода	:	4.0 бар	
Задаваемое давл. воздуха	:	2.8 бар	
Диаметр	:	280 мм	
Высота	:	318 мм	
Вес без воды	:	2.0 кг	
Подключение к системе	:	G 3/4	
Номинальный объёмный поток	:	- м3/ч	
Цвет	:	зелёный	

Рисунок 3.13 – Результат розрахунку розширювального бака системи ГВП

3.17 Висновки до розділу

В цьому розділі розраховано усі теплові втрати будинку, споживання гарячої витратної води, а також втрати на опалення об'єкту взимку.

Для об'єкту обрано тепловий насос з тепловою потужністю у 22 кВт. Оскільки головною проблемою є відсутність необхідної площі для встановлення горизонтального ґрунтового теплообмінника, було обрано вертикальний варіант, який складається з 5 зондів довжиною 70 метрів кожний. Буферна ємність розрахована на 400 л. Прораховано комбіновану систему теплового насосу з сонячним колектором. Також підібрано накопичувальний та розширювальний баки.

4 РОЗДІЛ

ВИБІР ОБЛАДНАННЯ І РОЗРАХУНОК АВТОНОМНОЇ

СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

4.1 Вихідні данні

Об'єкт має плоский дах, загальна площа якого складає 125.5 м², який орієнтований на південь. Це значно спрощує розрахунки та подальший монтаж, а також обслуговування сонячної електростанції. План даху наведено на рис. 4.1.

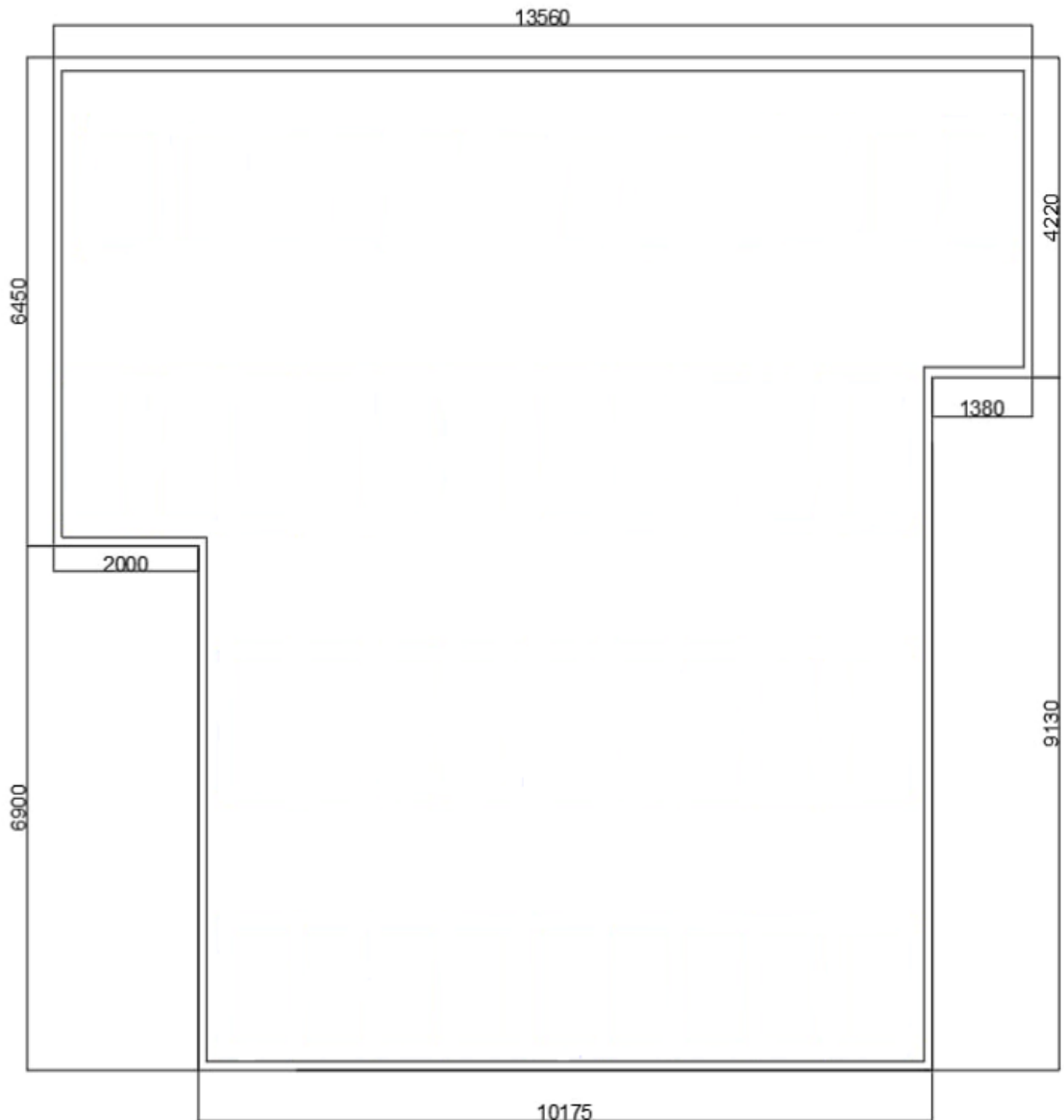


Рисунок 4.1 – План даху

Місто Вишгород розташоване на півночі України. Географічні координати міста: 50°35' північної широти та 30°30' східної довготи. Клімат міста – помірно-континентальний, має м'яку зиму та тепле літо. На рис. 4.2 приведено зведений графік температури та опадів на місцевості.

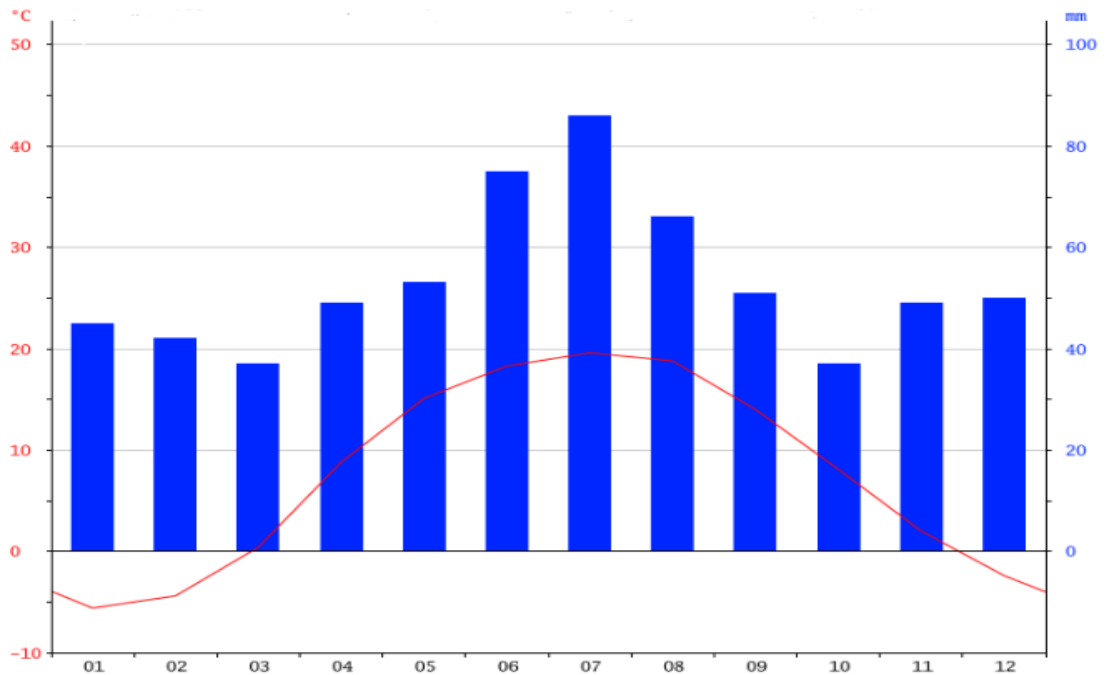


Рисунок 4.2 – Зведений графік температури та опадів

4.2 Методи вибору кута нахилу фотомодулів відносно горизонту

При проектуванні сонячної електростанції одним з етапів є прорахунок сонячної інсоляції, який починається з розрахунку сонячних кутів на точку на поверхні, на яку буде встановлюватися СЕС. Наступним етапом після визначення сонячного часу є розрахунок кутів нахилу.

TST (True Solar Time – справжній сонячний час) визначається за рухом сонця по небу (рис. 4.3), цей час відрізняється від часу, що показують годинники, залежить від LST (Local Standart Time – місцевий стандартний час), тобто від часу, який розраховується від меридіана SL (Standart Longitude) – центра часової зони. Спостерігач має знаходитися на LL (Local Longitude – локальний меридіан). Внаслідок існування різниці (LL – SL) потрібно врахувати поправку до місцевого стандартного часу, що в свою чергу дорівнює $(LST - SL)/15$. Ділення на 15 відбувається тому, що сонце за 1 годину зміщується на 15° довготи.

Формула для розрахунку TST має наступний вигляд:

$$TST = LST + \frac{(LL - SL)}{15} + \frac{ET}{60} - DS, \quad (4.1)$$

де ET – корекція часу, обумовлена нерівномірністю швидкості обертання Землі навколо своєї осі. За модулем становить не більше 15 хвилин;
 DS – поправка на літній час (0 або 1 в залежності від пори року).



Рисунок 4.3 – Траєкторія Сонця схід-захід

Ефективність перетворення сонячної радіації залежить також і від кута падіння сонячних променів на поглинаючу поверхню (рис. 4.4). З цього можна зробити висновок, що ефективність фотомодулів є максимальна, коли промені сонця надходять на поглинаючу поверхню по нормалі.



Рисунок 4.4 – Орієнтація приймальної поверхні

На рис. 4.5 приведено залежність оптимального кута нахилу ФМ для Вишгорода помісячно від пори року. Видно, що взимку кут нахилу збільшується і прямує до 90° , а влітку навпаки – кут нахилу зменшується і прямує до 0° . Кут $\psi_{\text{опт}}^c$ також зростає зі збільшенням широти. Отже, значення кута нахилу ФМ необхідно визначати виходячи з місця розташування та конструкції СЕС.

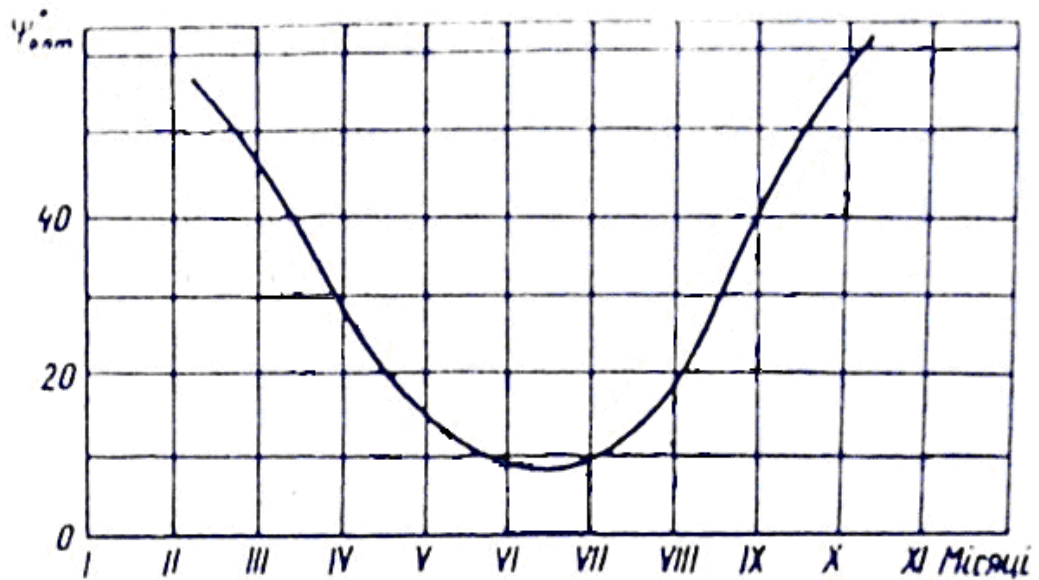


Рисунок 4.5 – Залежність кута нахилу ФМ помісячно від пори року

Кут нахилу сонячних панелей відносно горизонту обирається за значенням широти місцевості і округлюється в меншу сторону, має бути кратний 5. В нашому випадку, для Вишгорода з широтою $50^\circ 35'$ можна обирати кути 50° , 45° , 40° або ж 35° та азимут 0° . Детальні розрахунки проведені у програмі MATLAB та є у додатку А.

Для нашого об'єкту оптимальний кут нахилу фотомодулів складає 35° .

4.3 Розрахунок інтенсивності сонячного випромінювання на нахилену поверхню

Середньодобова кількість сонячної радіації, яка надходить на 1 м^2 на нахилену поверхню, яка встановлена під кутом β до горизонта, розраховується за формулою:

$$I_c^{\text{нп}} = P_c I_c^{\text{пн}} , \quad (4.2)$$

де P_c – показує співвідношення середньомісячних денних надходжень сонячної радіації на нахилену та горизонтальну площини;

I_c^{np} – середньомісячний денне надходження сонячної радіації на 1 м² на нахилену поверхню.

Середньомісячне значення P_c визначається наступним чином з рівняння для P_n :

$$P_c = \left(1 - \frac{I_p}{I_c^{rn}}\right) P_n + \frac{I_p}{I_c^{rn}} P_p + v P_{\text{відб}}, \quad (4.3)$$

де I_p – щоденна середньодобова кількість розсіяної сонячної радіації, що надходить на 1 м² горизонтальної площини;

P_n – середньомісячний коефіцієнт прямої сонячної радіації з горизонтальної площини на нахилену;

P_p – коефіцієнт, що показує частку надходження розсіяного випромінювання на нахилену поверхню;

$P_{\text{відб}}$ – те саме, тільки для відбитої радіації від навколишніх предметів;

v – альбедо Землі.

Всі коефіцієнти визначаються за наступними формулами:

$$P_n = \frac{\cos(\varphi - \beta) \cos\delta \sin\omega' + \left(\frac{\pi}{180}\right) \omega' \sin(\varphi - \beta) \sin\delta}{\cos\varphi \cos\delta \sin\omega + \left(\frac{\pi}{180}\right) \omega \sin\varphi \sin\delta} \quad (4.4)$$

$$P_p = \frac{1 + \cos\beta}{2} \quad (4.5)$$

$$P_{\text{відб}} = \frac{1 - \cos\beta}{2}, \quad (4.6)$$

де φ – кут широти місцевості;

β – кут нахилу поверхні;

ω – годинний кут заходу Сонця, який дорівнює:

$$\omega = \arccos(-\operatorname{tg}\varphi \operatorname{tg}\delta), \quad (4.7)$$

де ω' – годинний кут заходу Сонця для нахиленої площини з орієнтацією на південь:

$$\omega' = \min\{\omega; \arccos[-tg(\varphi - \beta)tg\delta]\} , \quad (4.8)$$

де δ – Сонячний нахил:

$$\delta = 23,45 \sin\left(360 \frac{284 + n}{365}\right), \quad (4.9)$$

n – день року, починаючи з першого січня.

$$I = 1000(H/M) , \quad (4.10)$$

де I – середньомісячне щоденне значення випромінювання;

H – середньомісячна сума надходжень випромінювання;

M – кількість днів у місяці.

Після розрахунків у середовищі MATLAB отримана діаграма інтенсивності сонячного випромінювання для Вишгорода (рис. 4.6):

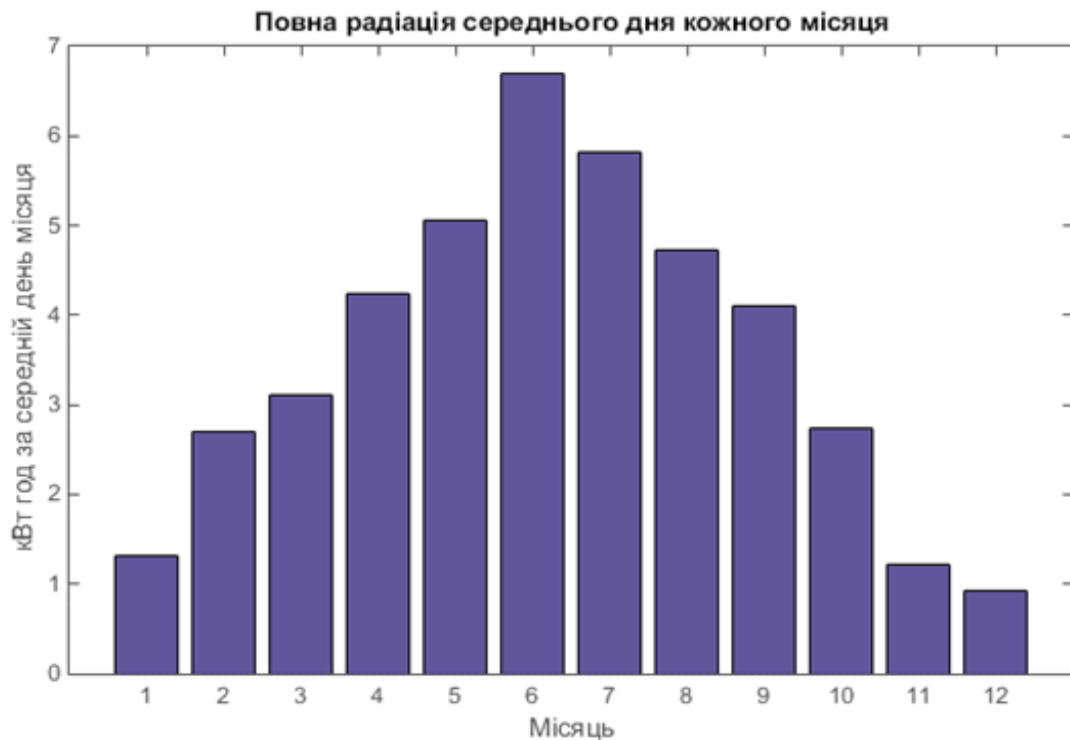


Рисунок 4.6 – Повна радіація (середньодобова) для Вишгорода помісячно

4.4 Основні теоретичні відомості для розрахунку СЕС

Є декілька методів розрахунку СЕС. В основі розрахунків лежить критерій надійної роботи СЕС і рівняння балансу електричної енергії. Робота СЕС має відповідати критерію надійності електропостачання, за який обираємо індекс надійності R (Reliability Index):

$$R = \frac{N_R}{N} , \quad (4.11)$$

де N_R – кількість днів робочого періоду N , протягом яких енергія навантаження покривається завдяки роботі СЕС, допускається відключення навантаження на $(1 - R)N$ днів.

Після цього розраховується сумарна потужність ФЕМ, які потрібно встановити на СЕС і ємність системи АБ.

Для розрахунку генерації $E_{PV}(n)$ визначається повна енергія сонячної інсоляції $W_{tot}(n)$:

$$E_{PV}(n) = \eta_{PV} W_{tot}(n) S , \quad (4.12)$$

де S – це загальна площа ФЕМ, які мають оптимальний кут нахилу β ,
 η_{PV} – це ККД ФЕМ.

Добова інсоляція отримується через $PSH(n)$ (Peak Solar Hours – число годин пікового сонця), а саме через число годин з радіацією не менше ніж 1000 Вт/м^2 , протягом яких набирається така ж сама енергія сонячного випромінювання, як і за добу:

$$PSH(n) = \frac{W_{tot}(n)}{1000} , \quad (4.13)$$

Для енергії фотогенерації $E_{PV}(n)$ маємо:

$$E_{PV}(n) = 1000 \eta_{PV} PSH(n) S = PSH(n) P_{inst} , \quad (4.14)$$

$$P_{inst} = P_{mPV} N_{PV} , \quad (4.15)$$

де P_{inst} – установча потужність СЕС;

P_{mPV} – пікова потужність одного ФЕМ:

$$P_{mPV} = 1000 \eta_{PV} S_0 \quad (4.16)$$

S_0 – площа поверхні модуля.

Величина P_{inst} визначається з умов балансу заряду АБ і критерія надійності R .

Кількість ФЕМ визначається установленою потужністю станції P_{inst} та номінальною потужністю одного модуля P_{0PV} , яка представляє собою електричну потужність, що генерується в стандартних тестових умовах. Ці умови означають інтенсивність сонячної інсоляції $G_{STC} = 1000$ Вт/м² та температуру модулів $T_{STC} = 25^{\circ}\text{C}$.

Потужність, яка знімається з одиниці площі ФЕМ, дорівнює:

$$P_0 = \frac{P_{0PV}}{S_0}, \quad (4.17)$$

Через P_0 можна вивести ККД фотомодуля:

$$\eta_{PV} = \frac{P_0}{1000}, \text{ Вт} \quad (4.18)$$

або $\eta_{PV} = P_0$, коли P_0 виражається у Вт.

Варто відмітити, що номінальна потужність ФЕМ P_{0PV} визначається як пікова потужність P_{mPV} за постійним струмом. Фотомодулі працюють при більш високих середніх температурах і при більш низьких значеннях радіації. Оскільки потужність ФЕМ пропорційна інтенсивності радіації, та падінню потужності фотомодулів на кожні 10°C підвищення температури становлять 5%, справжні значення потужності, що генерується, набагато менше пікової потужності при STC. Більшість виробників ФЕМ гарантують відхилення від пікової потужності не більше 5% у менший бік.

$$P_{m,init} = 0.95P_{mPV}, \quad (4.19)$$

де $P_{m,init}$ — гарантована пікова потужність.

При експлуатації ФЕМ їх потужність буде поступово знижуватись, тому усі виробники гарантують, що номінальна потужність ФЕМ буде дорівнювати:

$$P_{0PV} = 0.9P_{m,init} \text{ — через 10 років} \quad (4.20)$$

$$P_{0PV} = 0.8P_{m,init} \text{ — через 25 років} \quad (4.21)$$

Іншими критеріями вибору ФЕМ можуть бути кількість обвідних діодів, чи мінімальна вартість 1 Вт пікової потужності та ін.

$$N_{PV} = \frac{P_{inst,PV}}{P_{m,init}} \quad (4.22)$$

Результат округлюється в більший бік. Щоб визначити число ФЕМ N_{PV} враховують можливе відхилення від пікової потужності на 5% в меншу сторону, яка в свою чергу заявлена виробником. Іншими словами, треба використовувати гарантовану пікову потужність $P_{m,init}$ замість P_{mPV} . В розрахунках враховують відхилення нормалі до поверхні ФЕМ відносно орієнтації на сонце.

4.5 Вибір обладнання

4.5.1 Вибір ФЕМ і інвертора

Головною проблемою об'єкта є обмежена площа, оскільки сонячна станція буде встановлюватися на даху будинка. Тому потрібно обирати фотоелектричні модулі які мають більшу ефективність виробітку на 1 м². Вивчивши актуальний стан українського ринку обладнання, обрано декілька варіантів найбільш ефективних та економічно вигідних ФЕМ. Порівняльна характеристика наведена у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 Порівняльна характеристика ФЕМ різних виробників

	Longi LR4-72HPH-455M	Jinko JKM445M-78H-V	Risen RSM156-6445M
Номінальна потужність, Вт	455	445	445
Напруга в розімкнутому контурі, В	49,50	43.72	52.70
Струм КЗ, А	11,66	10.18	10.77
Максимальна напруга живлення, В	41,70	52.04	43.90
Максимальний струм живлення, А	10,92	10.84	10.15
ККД модуля, %	20,9	19,85	20.1

Розглянувши декілька варіантів, для встановлення було обрано ФЕМ Longi LR4-72HPH-455M (рис.4.7), оскільки цей варіант має найбільший ККД

(20,9%) а також найнижчу ціну, яка складає 3900,00 грн за модуль. Окрім цього, має декілька інноваційних технологій, таких як:

- Half-Cell. Технологія розрізання комірки навпіл, завдяки цьому знижується електричний опір всередині ФЕМ, збільшується вихідна потужність та модуль стає більш стійким до затінення.

- Double-Glass. Скло з обох сторін, завдяки цьому зменшується деградація, збільшується строк служби, модуль менше нагрівається.

- Perc. Технологія базується на обробці задньої поверхні комірки. Завдяки цьому сонячна радіація, яка досягла тильної сторони модуля, відбивається назад до фотоелемента і отримує другий шанс для подальшої її конвертації у струм.

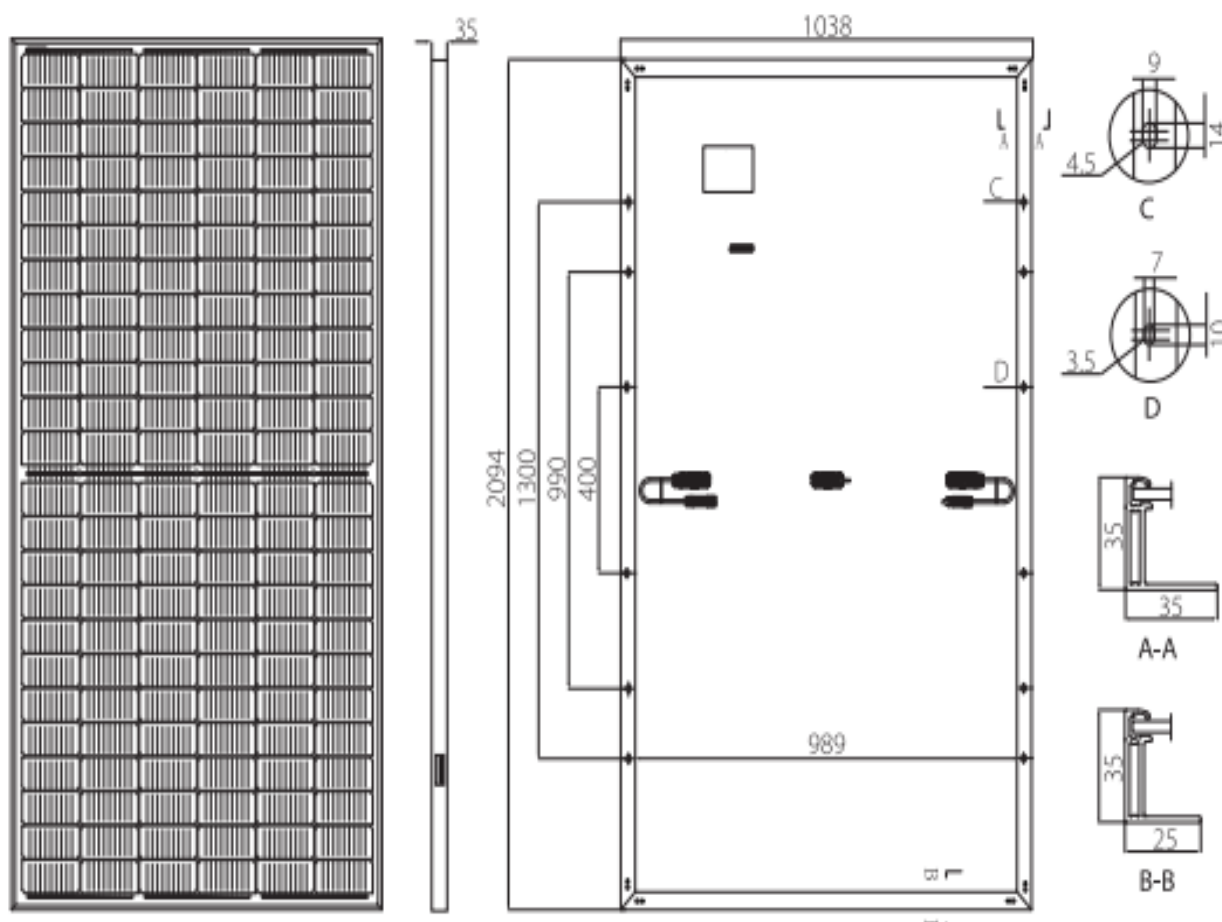


Рисунок 4.7 – ФЕМ Longi LR4-72HPH-455M

Прорахуємо проміжки між рядами ФЕМ, щоб далі можна було розрахувати кількість модулів, яка поміститься на даху. На рис. 4.8 схематично показано розміщення ФЕМ для визначення проміжків.

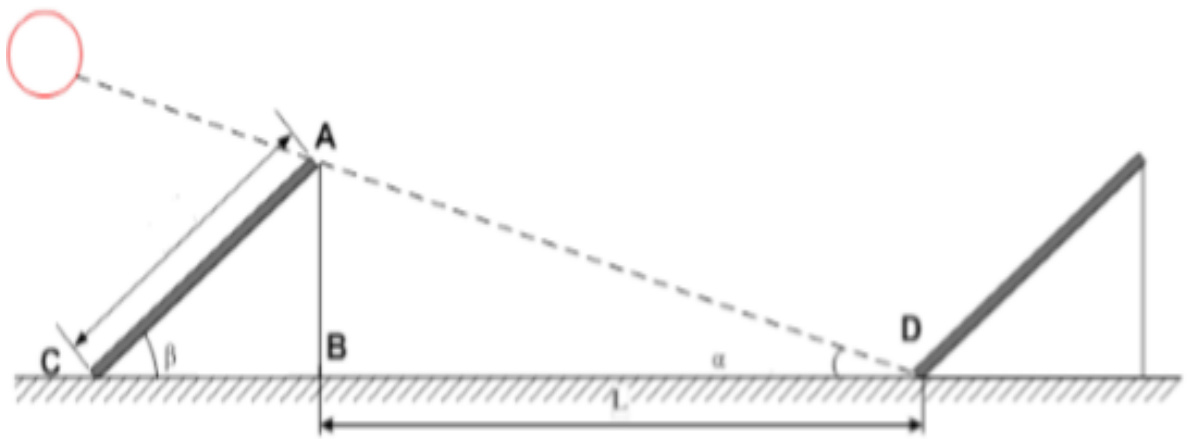


Рисунок 4.8 – Схема розміщення рядів ФЕМ

$\alpha = 16,4^\circ$ – висота Сонця над горизонтом (взято середнє значення грудня);

$\beta = 35^\circ$ – кут встановлення ФЕМ;

$AC = 2,094$ м – довжина ФЕМ;

Тоді з $\triangle ABC$ ($\angle B = 90^\circ$) та $\triangle ABD$ ($\angle B = 90^\circ$) :

$$\frac{AB}{AC} = \sin 35^\circ \rightarrow AB = AC \cdot \sin 35^\circ$$

$$\frac{BC}{AC} = \cos 35^\circ \rightarrow BC = AC \cdot \cos 35^\circ$$

$$\frac{BD}{AB} = \operatorname{ctg} 16,4^\circ \rightarrow BD = AB \cdot \operatorname{ctg} 16,4^\circ = AC \cdot \sin 35^\circ \cdot \operatorname{ctg} 16,4^\circ$$

$$BC = 2,094 \cdot \cos 35^\circ = 1,72 \text{ м}$$

$$L = BD = 2,094 \cdot \sin 35^\circ \cdot \operatorname{ctg} 16,4^\circ = 1,80 \text{ м}$$

Проміжок між рядами ФЕМ складатиме 1,80 м. Загальна площа даху складає $125,5 \text{ м}^2$. Вирахувавши площу, яка потрібна для проміжків між рядами ФЕМ аби не відбувалося затінення, корисна площа під встановлення складає $S_1 = 88 \text{ м}^2$. Загальна кількість ФЕМ для встановлення становить:

$$N = \frac{S_1}{S_{\text{ФЕМ}}} = \frac{88}{1,038 \cdot 2,094} = 40 \text{ шт} \quad (4.23)$$

Розміщення ФЕМ на даху показано на рис. 4.9.

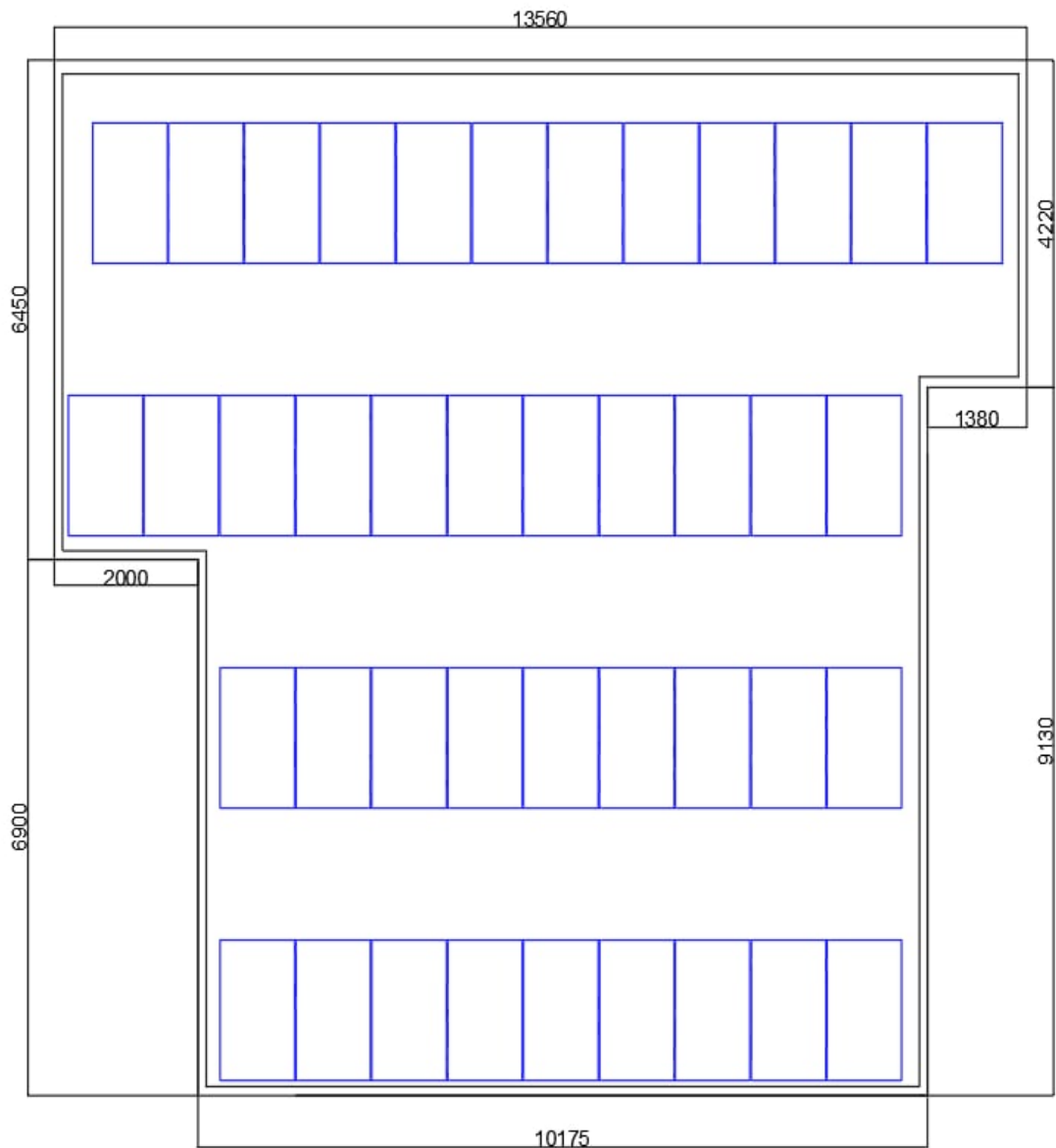


Рисунок 4.9 – Розміщення ФЕМ

Маючи корисну площу даху для встановлення ФЕМ, площу самого модуля та його потужність, розрахуємо номінальну потужність СЕС:

$$P_{ст} = \frac{S_1}{S_{ФЕМ}} \cdot P_{ФЕМ} = \frac{88}{1,038 \cdot 2,094} \cdot 0,455 = 18,20 \text{ кВт} \quad (4.24)$$

Отримавши номінальну потужність станції, виберемо гібридний інвертор. На українському ринку представлений тільки один гібридний інвертор з вихідною потужністю у 15 кВт, та який має максимальну вхідну потужність 22.5 кВт. Це Ахіота ISGRID 15000 (рис. 4.10). Його характеристики наведено у табл. 4.2.



Рисунок 4.10 – Ахіома ISGRID 15000

Таблиця 4.2 – Технічні характеристики Ахіома ISGRID 15000

Основні характеристики	
Тип інвертора	Гібридний інвертор
Кількість фаз	3
Номінальна потужність навантаження	15000 Вт
Максимальна входна потужність	22500 Вт
Кількість MPPT-трекерів	2
Кількість входів на MPPT	2
Форма вихідної напруги	Чиста синусоїда
Вихідна напруга на АКБ	48 В
Максимальний струм заряду	200 А
Максимальний струм на 1 вхід	22 А
Максимальна напруга ХХ	900 В
Діапазон входної напруги АС	184 – 265 В
Оптимальна напруга на MPPT	320 – 900 В
ККД	91 %
Розміри (д/ш/в)	650/224/820
Вага	62 кг
Робоча температура	– 10°C ... + 55°C
Робоча відносна вологість	0 – 100%

Ступінь захисту	IP65
-----------------	------

Кількість послідовно з'єднаних ФЕМ у 1 стрінг розраховується за формулою:

$$N_{\text{фем}} = \frac{U_{\text{мррт}}}{U_{\text{фем}}} \cdot \frac{1}{N_{\text{вх}}} = \frac{900}{41,7} \cdot \frac{1}{2} \approx 10 \text{ шт} \quad (2.27)$$

де $U_{\text{фем}}$ – вихідна напруга ФЕМ (напруга при максимальній потужності);

$U_{\text{мррт}}$ – оптимальна напруга на МРРТ-трекері;

$N_{\text{вх}}$ – кількість входів на МРРТ-трекері.

Генерація станції і споживання об'єкта наведено на рис. 4.11.

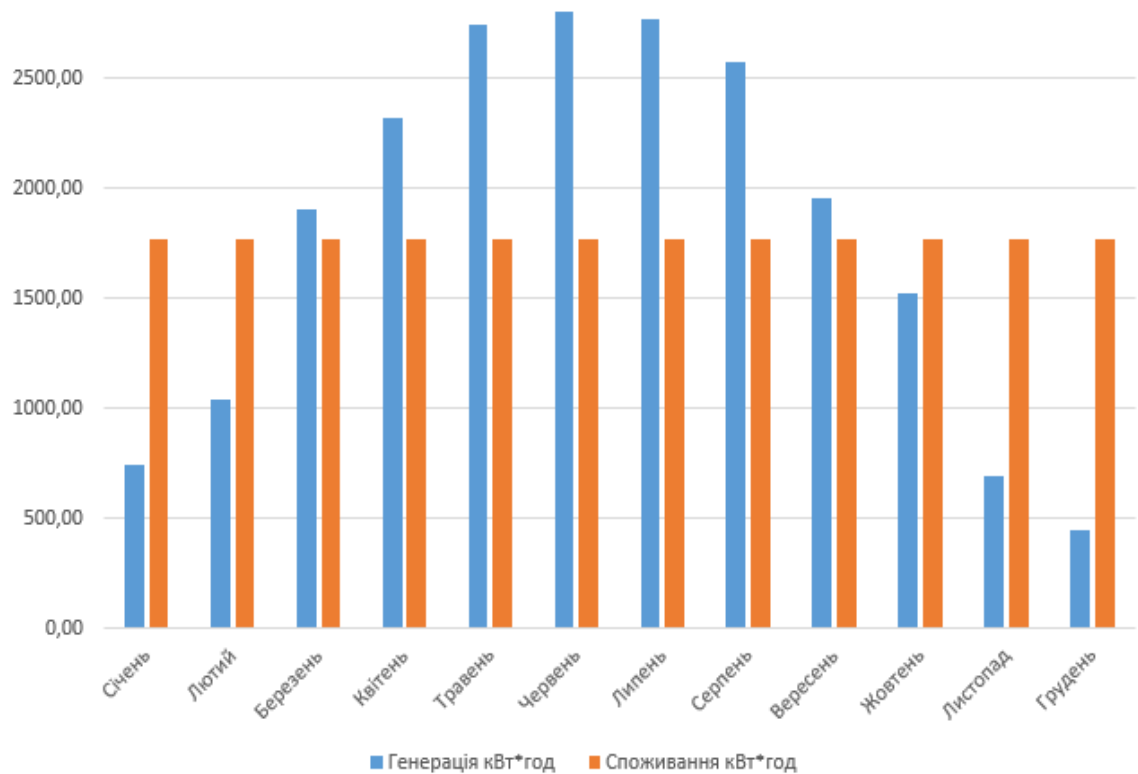


Рисунок 4.11 – Генерація СЕС і споживання об'єкта помісячно

4.5.2 Вибір АКБ

Головною метою є живлення теплового насосу вночі протягом 8 годин. Сумарна потужність двох ТН складає 3 кВт, що виходить 24 кВт*год в сумі. Але треба враховувати, що АКБ не мають розряджатися повністю, наприклад

для свинцево-кислотних розряд АКБ не повинен перевищувати 50%, а для літієвих – не більше 80%.

Літієві (Li) АКБ мають більший термін експлуатації (близько 3000 циклів проти 800 циклів у свинцево-кислотних), низький рівень саморозряду ($< 1,5\%$ за місяць) і також мають більший ККД (близько 95%). Тому для живлення ТН обирається АКБ літієвого типу. Акумуляторна ємність АКБ має складати не менше 30 кВт·год, щоб розряд не перевищував 80%.

Гібридний інвертор розрахований на систему 48 В. Отже і гілка АКБ має мати 48 В. Мінімальну ємність, яку має мати АКБ складає $30000 / 48 = 625$ А·год.

Розглянемо літій-залізо-фосфатний (LiFePO_4 , LFP) тип акумуляторів, оскільки він активно застосовується як буферний накопичувач енергії в системах автономного електропостачання з використанням вітрогенераторів і сонячних батарей, а також має ряд переваг, таких як:

- LiFePO_4 забезпечує триваліший термін служби, ніж інші літій-іонні елементи;
- На відміну від інших літій-іонних, LiFePO_4 -акумулятори, як і нікелеві, мають дуже стабільну напругу розряду. Напруга на виході залишається близькою до 3,2 В під час розряду, поки заряд акумулятора не буде вичерпано повністю. І це може значно спростити або навіть усунути необхідність регулювання напруги в електричних колах;
- Використання фосфатів дозволяє уникнути витрат кобальту і екологічних проблем, зокрема, через попадання кобальту в навколишнє середовище за неправильної утилізації;
- LiFePO_4 має більш високий піковий струм (а отже, враховуючи стабільність напруги, — пікову потужність), ніж у LiCoO_2 ;
- LiFePO_4 -акумулятори мають меншу швидкість розряду, ніж свинцево-кислотні або літій-іонні. Оскільки швидкість розряду визначається у відсотках від ємності акумулятора, то більшої швидкості розряду можна досягти в акумуляторах більшої ємності (більше ампер-годин). Однак можуть

бути використані LiFePO_4 елементи з високим струмом розряду (мають більшу швидкість розряду, ніж свинцево-кислотні батареї, або LiCoO_2 тієї ж потужності);

- LiFePO_4 елементи повільніше втрачають ємність, ніж літій-іонні (LiCoO_2 [літій-кобальт оксидні], LiMn_2O_4 [літій-марганцева шпінель]);

- Однією з важливих переваг у порівнянні з іншими видами літій-іонних акумуляторів, є термічна і хімічна стабільність, що істотно підвищує безпеку батареї;

- Морозостійкі. Діапазон складає $-40 \dots +60^\circ\text{C}$.

Обрано модель POWERBRICK + 12V 250AH (рис. 4.12)



Рисунок 4. 12 –POWERBRICK + 12V 250AH

Оскільки інвертор розрахований на систему 48 В, то потрібно з'єднати 4 АКБ послідовно в 1 гілку, а щоб отримати мінімальну ємність, яка складає 625 А·год потрібно 3 таких гілки, з'єднаних між собою послідовно. Всього потрібно 12 АКБ для живлення системи, сумарна потужність системи АКБ складає $12 \text{ шт} \cdot 12 \text{ В} \cdot 250 \text{ А} \cdot \text{год} = 36000 \text{ кВт} \cdot \text{год}$, що навіть більше за мінімально потрібну, і надлишок може використовуватись у випадку нерозрахункових ситуацій.

В зимовий період та в похмурі дні генерації СЕС буде недостатньо для задоволення споживчих потреб об'єкту, розширити станцію не є можливим,

тому для цього об'єкт під'єднаний до загальної мережі і буде використовувати її як резервну.

4.5.3 Вибір кабелю

Для підключення ФЕМ до інвертору обрано кабель KBE SOLAR PV–1 з перерізом 4 мм². Даний кабель має гарні показники захисту від ультрафіолетових променів завдяки подвійній ізоляції, низьких температур і атмосферних опадів. Також треба відмітити гнучку структуру кабелю, яка полегшує монтаж та підключення взимку. В табл. 4.3 приведено основні параметри кабелю.

Таблиця 4.3 – Основні параметри кабелю KBE SOLAR PV–1

Максимальна напруга	600 / 1000 В
Перетин жили	4 мм ²
Опір провідника	3,39 мОм / м
Захист	Подвійна ізоляція Polyolefin
Температурний режим	–40...+90°C
Колір	Чорний, червоний, синій

Для підключення інвертору до системи АКБ (струм заряду згідно інструкції має бути не більше 150 А) обрано кабель АВБбШнгд 1х35-1. Основні параметри кабелю наведено у табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Основні параметри кабелю АВБбШнгд 1х35-1

Номінальна напруга	1000 В
Перетин жили	35 мм ²
Тривале струмове навантаження	192 А
Температурний діапазон роботи	–50...+50°C
Захист	Ізоляція ПВХ, броньований

4.6 Висновки до розділу

В даному розділі було обрано ділянку для встановлення автономної СЕС потужністю 15 кВт, обрано кут нахилу фотомодулів а також розраховано та обрано основне обладнання.

Було обрано фотомодулі Longi LR4-72HPH-455M потужністю 455 Вт, інвертор Ахіота ISGRID 15000 потужністю 15 кВт та АКБ POWERBRICK + 12V 250AH. Було приведено графік щомісячної генерації станції протягом року та розраховано її сумарна річна генерація. У разі, якщо генерації станції недостатньо для зарядки АКБ чи покриття споживання, розроблена можливість приєднання до загальної мережі, і використання її як резервної.

5 РОЗДІЛ
РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЄКТУ

5.1 Опис ідеї стартап-проєкту

Ідея та зміст стартап-проєкту наведено у таблиці 5.1. Сильні і слабкі сторони стартап-проєкту приведено у таблиці 5.2.

Таблиця 5.1 – Описання стартап-проєкту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Використання комбінованих автономних систем тепловий насос – сонячна станція для життєзабезпечення житлових і технічних будинків	Житлові та нежитлові будинки, які не мають доступу до тепло- і водопостачання та електромережі, або ж які мають перебої з постачанням	Теплове опалення будинку взимку та охолодження влітку, наявність системи гарячого водопостачання а також електроенергії та її акумулювання

Таблиця 5.2 – Порівняння слабких (W), нейтральних (N) та сильних (S) характеристик ідеї проєкту з конкурентами

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(Потенційні) концепції конкурентів	
		Даний проєкт	Вітрова станція
1.	Експлуатація	S	N
2.	Площа	W	N
3.	Естетичність	S	N
4.	Екологічність	S	S
5.	Простота встановлення	N	W

Для даного проєкту слабкою стороною являється площа, яка потрібна для встановлення сонячної станції і спорудження горизонтального теплового насоса, але даний параметр можливо компенсувати підключенням стандартної мережі і використання вертикальної конструкції теплового насосу.

При проведенні аналізу економічної складової ринку та ринкових загроз, оберемо напрями розвитку проєкту, за умови врахування сучасного ринкового стану, потреб користувачів та пропозицій конкурентів.

Проведення аналізу попиту складається з таких пунктів, як наявність, його обсяг, динаміка розвитку ринку і представлено у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Попередня характеристика ринку стартап-проєкту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість конкурентів, од	7
2	Загальний обсяг продаж (Залежить від потужності станції), \$	орієнтовно від 25000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Реєстрація та отримання дозволів та сертифікатів на обладнання
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Немає
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	12 ÷ 18

Середня норма рентабельності характеризує прибутковість проєкту, яка визначається відношенням середньорічних надходжень від реалізації до величини початкових інвестицій .

Результат аналізу ринку є досить привабливим для входження за попереднім оцінюванням.

Наступним етапом є аналіз сучасного ринкового середовища, який представлено у табл.5.4 та табл.5.5. Фактори в таблиці представлені в порядку зменшення значущості.

Таблиця 5.4 – Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція
1	Матеріальний	Зростання цін (основне обладнання)	Зменшення економічної ефективності
2	Інвестиційний	Зменшення (відсутність інвестицій)	Зменшення темпу розвитку
3	Соціально-економічний	Зменшення темпів впровадження ВДЕ	Зменшення кількості впроваджених проектів
4	Політичний	Війна або революція т.д.	Зменшення або відсутність інвестицій, можлива зупинка будівництва

Таблиця 5.5 – Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Законодавчий	Державна підтримка у реалізації	Збільшення економічної ефективності
2	Соціально-економічний	Збільшення темпу розвитку впровадження ВДЕ	Збільшення продажів
3	Інвестиційний	Збільшення інвестицій	Збільшення розвитку сегменту ринку
4	Технологічний	Розвиток та впровадження нових технологій	Зменшення вартості обладнання

При аналізі даних в вище вказаних таблиць, можна зробити висновок, що дійсна можливість знаходження на сучасному ринку з урахуванням всіх факторів можливостей (загроз) для реалізації даного проєкту. Також

визначимо та обґрунтуємо перелік головних факторів конкурентоспроможності в сучасному ринковому середовищі (таблиця 5.6).

Таблиця 5.6 – Обґрунтування головних факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Імідж товару	Нове рішення відомої задачі
2	Вартість	Відповідає цінам конкурентів
3	Експлуатаційні витрати	Малі
4	Надійність	Висока

При розробленні стратегії виходу на сучасний ринок (ніші), компанія в якості цільового ринку зупиняє свій вибір на одному чи декількох ринкових сегментах. Головною особливістю являється розмір цих сегментів(у) - малий. Ця стратегія – похідна від базової стратегії компанії – концентрація. Ніша повинна відповідати нижче вказаним умовам:

- Прибутковість (доцільний процес виробництва та обслуговування);
- Стабільність на протязі довготривалого періоду часу;
- Захист (досить високі вхідні бар'єри);
- Непривабливість для конкурентів;
- Відповідність до ресурсів та цілей компанії.

Завданням для компаній, які обирають стратегію нішера є підтримка й розвиток своєї конкурентної переваги, стала лояльність та прихильність до потенційних клієнтів.

При аналізі вимог користувачів зі всіх обраних сегментів до постачальника «стартап-компанії» та до продукту, (в залежності від обраної стратегії розвитку в цілому і стратегії конкурентоспроможної поведінки) продумується стратегія позиціонування, яка представлена в табл. 5.7 (залежить від формування сучасної ринкової позиції).

Таблиця 5.7 – Визначення стратегії позиціонування

Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Вибір асоціацій, що мають сформувану комплексну позицію до проєкту (три ключових)
Надійність, простота встановлення і експлуатації	Стратегія диференціації	Інноваційно, надійно та вигідно

Результатом є узгоджена система рішень (відносно сучасної ринкової поведінки «стартап - компанії»), яка визначає напрями роботи «стартап-компанії» в колі ринку. Першим етапом являється формування маркетингової стратегії для товару. Підсумовуємо результати попередньо проведеного аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 5.8 – Визначення основних переваг концепції

Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі чи такі, які потрібно створити)
Наявність електроенергії, охолодження та обігріву і системи ГВП	Вкладення грошей один раз та окупність через деякий період і подальше використання безкоштовно	Повна відсутність робочого шуму, майже відсутнє технічне обслуговування, простота встановлення конструкції

Другим етапом являється проведення фінансово-економічного аналізу проєкту. Розрахуємо оцінку рентабельності проєкту (відношення середньорічних надходжень електричної енергії до початкових інвестицій). Капіталовкладення розраховуються один раз під час реалізації проєкту, також враховуються щорічно витрачені кошти на підтримку працездатності даного проєкту (капітальний і поточний ремонт).

Капіталовкладення визначаються за формулою:

$$K_1 = \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_i, \text{ грн} \quad (5.1)$$

де C_i – вартість одиниці i -го устаткування;

N_i – кількість i -го устаткування.

Розрахунок проводиться для кожного рядка в табл. 5.9

Таблиця 5.9 – Вартість капіталовкладень

Найменування	Одиниць	Вартість одиниці, грн	Загальна вартість, грн
ФЕМ Longi LR4-72HPH-455M	40	3640	145600
Інвертор Ахіома ISGRID 15000	1	104000	104000
АКБ POWERBRICK + 12V 250AH	12	81000	972000
Кабель KBE SOLAR PV-1	50	25	1250
Кабель АВБбШнгд 1х35-1	10	93	930
З'єднувач MC4	8	30	240
Комплект кріплень	40	420	16800
Viessmann Vitocal 300 – G	2	6600	13200
Зонд ПЕ100 32*2мм 4-х	5	4200	21000
Труба обсадна	350	110	38500
Буферна ємність	1	33030	33030
Накопичувальний бак Viessmann 100–В CVB 300	1	53000	53000
Розширювальний бак Refix DD 12	1	31000	31000
Колектор Vitosol 200 – F 5DI	2	21500	43000
Комплект ГВП VAILLANT 204	1	9300	9300
Загальна вартість обладнання без урахування монтажних робіт			1473550
Вартість монтажних робіт (10%)			147355
Загальна вартість обладнання з урахуванням монтажних робіт			1620905

Капітальні вкладення в перший рік складають:

$$K_1 = 1473550 + 147355 = 1620905 \text{ грн} \quad (5.1)$$

Капітальні вкладення в наступні роки роботи проєкту для здійснення поточного ремонту:

$$K_{\text{пр}} = K_1 \cdot k_{\text{пр}}, \text{ грн} \quad (5.2)$$

де $k_{\text{пр}} = 0.01$ – коефіцієнт для поточного ремонту обладнання;

$$K_{\text{пр}} = 1620905 \cdot 0.01 = 16209,05 \text{ грн}$$

Капітальні вкладення в наступні роки роботи проєкту для здійснення капітального ремонту:

$$K_{\text{кр}} = K_1 \cdot k_{\text{кр}}, \text{ грн} \quad (5.3)$$

де $k_{\text{кр}} = 0.5$ – коефіцієнт для капітального ремонту СЕС;

$$K_{\text{кр}} = 1620905 \cdot 0.5 = 810452,50 \text{ грн}$$

Капітальний ремонт залежать від терміну експлуатації обладнання (вказано у технічному паспорті), та проводитиметься кожний 20-й рік роботи СЕС, а поточний ремонт щороку.

Оскільки дана станція використовується для заміщення частини енергії і гарячого водопостачання, що споживатиме житловий будинок, окупність можна розрахувати взявши за основу величину заміщення електроенергії і ГВП з опаленням станцією. Розрахунок проводимо за формулою:

$$I = (p \cdot E), \text{ грн} \quad (5.4)$$

де p – ціна 1 кВт·год, грн;

E – кількість заміщеної енергії, кВт·год;

$$I = 1,68 \cdot 18000 = 30240 \text{ грн}$$

Далі проведемо розрахунок для витрат на гарячу воду

$$W_{\text{гар}} = (h_{\text{гар}} \cdot S), \text{ грн} \quad (5.4)$$

де $h_{\text{гар}}$ – ціна 1 куба гарячої води, грн;

S – кількість споживаної води в рік, куб;

$$W_{\text{гар}} = 98 \cdot 400 = 39200 \text{ грн}$$

Наступним кроком розрахуємо витрати на холодну воду в рік:

$$W_{\text{хол}} = (h_{\text{хол}} \cdot S), \text{ грн} \quad (5.5)$$

де $h_{\text{гар}}$ – ціна 1 куба гарячої води, грн;

S – кількість споживаної води в рік, куб;

$$W_{\text{хол}} = 38,3 \cdot 600 = 22980 \text{ грн}$$

Опалювальний період T складається з п'яти місяців. Опалювальна площа складає 272 м^2 . Розрахуємо витрати на опалення:

$$T = (N \cdot M \cdot h_{\text{опал}}), \text{ грн} \quad (5.6)$$

де N – кількість опалювальних місяців, шт;

M – опалювальна площа, м^2 ;

$h_{\text{опал}}$ – ціна за опалення 1 м^2 , грн.

$$T = 5 \cdot 272 \cdot 38,5 = 52360 \text{ грн}$$

Розрахуємо період окупності даного проєкту:

$$T_{\text{окуп}} = \frac{K}{I + W_{\text{гар}} + W_{\text{хол}} + T} \quad (3.6)$$

$$T_{\text{окуп}} = \frac{1620905}{30240 + 39200 + 22980 + 52360} = 15 \text{ (років)}$$

5.2 Висновки до розділу

Зміст ідеї стартап-проєкту полягає у встановленні комбінованої системи автономна сонячна станція – тепловий насос для заміщення споживання електроенергії з загальної мережі, для опалення і наявності гарячої і холодної води. Напрямки застосування: житлові та нежитлові будинки, що мають на своїй території місця для встановлення СЕС і тепловго насосу. Перспективи впровадження, якщо аналізувати потенційних клієнтів, бар'єри входження, конкуренцію і конкурентоспроможність проєкту. Проаналізувавши рентабельність цього стартап-проєкту, ринкова комерціалізація та подальша імплементація проєкту досить актуальна. Результат, отриманий при проведенні фінансово-економічного аналізу, являється розрахунок терміну окупності проєкту, що становить 15 років.

6 РОЗДІЛ
ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації робочих приміщень та основного технологічного обладнання

Вимоги щодо монтажу основного обладнання

Усі основні планувальні рішення по тепловому пункту було прийнято з урахуванням вимог ДБН В.2.5.-39:2008 «Теплові мережі», у тому числі:

Під час монтажу усі трубопроводи ізолюються. Обладнання, трубопроводи та арматуру необхідно маркувати згідно схеми, на трубопроводах позначити напрям руху теплоносія.

Компоновка основного та допоміжного устаткування в приміщенні теплового пункту виконано згідно з нормативним документом

1. Проектом теплового пункту передбачена монтажна (ремонтна) площадка.

2. Розширювальні баки, які працюють під тиском вище 0,07 МПа, відповідають вимогам.

3. Кожний водо-водяний підігрівач відповідно до проекту оснащений штуцерами із запірною арматурою для випуску повітря і спуску води, відповідно вимогам.

4. За проектом передбачено проектувати підлогу для стоку води з нахилом 0,01 до сторони водозбірного приямка, його мінімальні розміри 0,5 x 0,5 м при глибині не менше 0,8 м. Приямок повинен бути перекритим знімною решіткою.

5. Всі вимірювальні прилади передбачено встановити на щиті контролю, який знаходиться у приміщенні теплового пункту.

6.2 Електробезпека

Передбачена проектом апаратура повинна експлуатуватися відповідно до паспортних даних, що визначають номінальні значення струму і напруги. Забезпечення техніки безпеки в силовому електроустаткуванні виконано вибором відповідного устаткування й апаратів.

Всі електромонтажні роботи виконувати в суворому відповідності з діючими будівельними нормами– ДБН В.2.5.24-2003 «Электротехнические устройства. Производство электромонтажных работ», ПУЭ з дотримання норм по охороні праці і техніки безпеки.

Електропостачання усіх технологічних токоприймачів теплового пункту здійснюється від загального щита автоматизації. Підключення цього щита до системи електропостачання та обладнання необхідно здійснити по місцю.

Блок управління насосами забезпечується наступними функціями: автоматичне відключення циркуляційного насосу у разі падіння тиску на вході насосу нижче встановленого; можливість ручного вмикання/вимикання насосу; автоматичне вмикання насосу після перерви в електропостачанні, а також інші функції, які детально описані в технічній документації на щит автоматизації.

Контролер блоку управління забезпечить можливість зв'язку з комп'ютером за допомогою інтерфейсу (RS-232, 485).

Основними споживачами електроенергії в тепло пункті є електродвигуни насосних установок та джерела штучного освітлення.

Електрообладнання живиться від мережі перемінного струму з глухо заземленою нейтраллю частотою 50Гц. [15]

6.3 Технічні рішення та організаційні заходи по запобіганню електротравм при роботі зі струмовідними елементами

З метою виникнення можливих електротравм при експлуатації електрообладнання теплопункту проектом його реконструкції передбачено:

- ізоляція нормально струмоведучих частин з опором $R_{зг} \geq 1 \text{ кОм}$; допускається експлуатація електроустановок при зниженні опору ізоляції до 0,5 кОм [16];
- блокуюче та огорожуюче обладнання виконане так, щоб знімати чи відкривати його можна тільки за допомогою ключів чи інструменту[16];
- живлення ламп накаливання загального освітлення здійснюється від

трифазної мережі перемінного струму 380/220 В з глухо заземленою нейтраллю, та занулення висота підвішування ламп 3,5м[16];

- передбачено мережу розеток 12 В для переносного освітлення[16];

- для захисту людей від помилкових дій та випадкового дотику до струмоведучих частин застосована різнокольорова ізоляція провідників окремих елементів електросхем, таблички та написи з позначенням робочих напруг, попереджувальні знаки, використання напруги до 42 В для підключення електроінструменту [16];

- для захисту людей від ураження електричним струмом, від дії електричної дуги, всі установки забезпечуються засобами захисту, а також засобами забезпечення першої медичної допомоги відповідно до «Правила використання и випробування засобів захисту, які використовуються в електроустановках»[17];

- наявність надійного та швидкодіючого автоматичного відключення частин електрообладнання, яке випадково виявилось під напругою та пошкоджених частин електромереж[18].

6.4 Технічні рішення по запобіганню електротравм при переході напруги на не струмовідні частини електроустановок

З метою захисту людей від ураження електричним струмом при переході напруги на неструмовідні частини установок проектом реконструкції тепло пункту передбачено:

- занулення всіх корпусів електродвигунів насосів та регулюючих клапанів, так як вони можуть бути під напругою при пошкоджені ізоляції[19].

Занулення дає змогу виключити небезпеку ураження електричним струмом людей при пробі на корпус обладнання одною з фаз мережі. Це досягається завдяки швидкому вимиканню, максимальним струмовим захистом ділянки, на якій виникло замикання на корпус. При зануленні пробій на корпус приводить до короткого замикання фази (контур: нульовий

провідник – фаза – фазовий провідник - корпус споживача – нульовий провідник). Спрацьовує захист від короткого замикання (автомат з струмовим захистом), та пошкоджений провідник вимикається від мережі.

При цьому використовуються вимоги ПУЕ – 2006 до схеми занулення:

- забезпечується необхідна кратність струму короткого замикання;
- забезпечується цілісність нульового провідника та використання повторних заземлювачів нульового провідника;
- контроль занулення проводиться при вводі в експлуатацію, перевірка здійснюється кожні 5 років;
- у нульовому проводі не дозволяється установка роз'єднувачів та інших приладів розриву електричної мережі;
- не дозволяється використовувати трубопроводи в якості нульового робочого проводу.

6.5 Пожежна безпека

Пожежна безпека – стан об'єкта, за якого з регламентованою імовірністю виключається можливість виникнення і розвитку пожежі та впливу на людей її небезпечних факторів, а також забезпечується захист матеріальних цінностей.

Приміщення згідно з НАПБ Б07.005-86 відноситься до категорії Д (пожежобезпечні – негорючі речовини та матеріали у холодному стані). Джерелом пожежі може бути спалення електроізоляції кабелю при короткому замиканні чи дії обслуговуючого персоналу, які порушують правила пожежної безпеки (використання відкритого вогню, куріння у недозволених місцях). Приміщення не відноситься до вибухонебезпечних, тому що тут не використовуються легкозаймисті речовини та немає умов для створення вибухонебезпечних сумішей [22].

Системи пожежної безпеки - це комплекс організаційних заходів і технічних засобів, спрямованих на запобігання пожежі та збитків від неї.

Відповідно до ГОСТ 12.1.004-91 пожежна безпека об'єкта повинна

забезпечуватися системою запобігання пожежі, системою протипожежного захисту і системою організаційно – технічних засобів.

Системи пожежної безпеки мають запобігати виникненню пожежі і впливу на людей небезпечних факторів пожежі на необхідному рівні [23]. Потрібний рівень пожежної безпеки людей за допомогою зазначених систем, згідно з ГОСТ 12.1.004-91, не повинен бути меншим за 0,9 відвернення впливу на кожну людину, а допустимий рівень пожежної безпеки для людей не може перевищувати 10^{-6} впливу небезпечних факторів пожежі, що перевищують гранично допустимі значення на рік у розрахунку на кожну людину.

Основні засоби попередження пожеж:

- застосування електрообладнання, яке задовольняє вимогам електростатичної електробезпеки по ГОСТ 12.1.018-79;

- застосування захисту від короткого замикання на розподільчому щиті теплового пункту;

- Основні технічні рішення по системі протипожежного захисту теплопункту:

- згідно вимог ДБН В.2.5-13-98 для пожежної сигналізації застосовані пристрої УОТС-11, які працюють з димовими та тепловими датчиками. Датчики встановлено на стелі:

- передбачені первинні засоби пожежогасіння: вогнегасники ОУ-5 згідно вимог ДСТУ 36 75-98 IS03941-77 та ГОСТ 7276-77, ящик с піском, щільна тканина, лопата. Вогнегасник розташовано біля входу у тепловий пункт;

- проектом запроектовано, що електродвигуни, електропровідники та кабелі за виконанням та ступенем захисту відповідають класу зони і мають арматуру захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів;

- плавкі вставки запобіжників калібровані, з визначенням на клеймі номінального струму вставки;

- на електродвигуни, світильники передбачається нанесення знаків, які вказують їх ступінь захисту відповідно стандартів;
- проектом передбачено, що з'єднання, відводи та кінцівки жил проводів виконується за допомогою опресовки, зварювання, пайки;
- прийнято, що переносні світильники мають скляні ковпачки та сітки. Для цих світильників застосовуються гнучкі кабелі з мідними жилами, з урахуванням їх захисту від можливих пошкоджень;
- передбачено стаціонарне застосування водяного пожежогасіння з пожежними кранами у настінних шафах.

6.6 Висновки до розділу

В даному розділі аналізуються шкідливі та небезпечні фактори під час користування основним обладнанням теплового насосу та СЕС, приведено можливі ситуації попадання працівника під дію електроструму та приведена оцінка безпеки. Щоб умови праці були безпечнішими, повинні проводитися спеціальні профілактичні заходи, наприклад, використання різних знаків безпеки «Обережно! Електрична напруга!», маркування частин обладнання й дотримання спеціального колоруювання.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

В даній магістерській дисертації розроблений проєкт комбінованої системи фотоелектрична станція – тепловий насос для автономного енергозабезпечення житлового будинку. Основною метою було забезпечення теплопостачання житлового будинку за рахунок енергії сонячної електростанції та теплового насосу, живлення якого здійснюється від цієї ж сонячної електростанції.

Для досягнення мети було розв’язано такі задачі, як:

- розглянуто особливості отримання теплоти тепловими насосами з врахуванням умов місцевості, де розташований будинок. Було обрано тепловий насос «розсіл»-вода с вертикальним ґрунтовим теплообмінником;

- розглянуто недоліки і переваги автономних сонячних електростанцій і питання про резервування їх потужностей за допомогою акумулювання електричної енергії;

- розраховано теплові втрати будинку а також потреби в тепловій енергії житлового будинку на гаряче водопостачання і розроблено систему теплопостачання житлового будинку. Після цього визначено необхідну потужність теплового насосу, яка складає 22 кВт і обрано тепловий насос фірми Viessmann Vitocal 300 – G у кількості двох комплектів. Розраховано вертикальний ґрунтовий теплообмінник, який складається з 5 зондів по 70 метрів кожний, обрано буферну ємність об’ємом 400л.

- розраховано сонячну електростанцію на даху будинку з акумулюванням електричної енергії для живлення теплового насосу і будинку. Шляхом порівняння обрано фотоелектричний модуль Longi LR4-72HPH-455M потужністю 455 Вт, гібридний інвертор Axioma ISGRID 15000 потужністю 15 кВт та комплект АКБ POWERBRICK + 12V 250AH. Потужність даної станції складає 15 кВт, приведено графік щомісячної генерації та споживання;

- розроблено стартап-проєкт, ідеєю якого є впровадження комбінованих автономних систем у віддалені від цивілізації житлові та нежитлові будинки.

Розраховано капіталовкладення, які в загальній сумі становлять 1 620 905 грн, та окупність даного проєкту, яка складає близько 15 років;

•з метою забезпечення безпечного виконання даного проєкту, було детально розглянуто питання електробезпеки та пожежної безпеки при роботі з тепловим насосом і сонячною електростанцією. Технічні рішення відповідають умовам екологічних, санітарно- гігієнічних та інших діючих норм і забезпечують безпечну для життя та здоров'я людей, експлуатацію будівлі.

При розробці були витримані вимоги таких керівних та нормативних документів:

- СНиП 2.04.05-91*У «Отопление, вентиляция и кондиционирование»;
- ДБН В.1.1-7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва»;
- СНиП II - 3 - 79*. «Строительная теплотехника».

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Енергетична стратегія України на період до 2030 року
Режим доступу : zakon1.rada.gov.ua/signal/kr06145.
2. Безродний М.К. Термодинамічна та енергетична ефективність теплонасосних схем теплопостачання: монографія М.К.Безродний, Н.О.Притула. НТУУ «КПІ» Вид-во «Політехніка», 2016. – 272 с.
3. ДСТУ Б В.2.5-44:2010 Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування систем опалення будівель з тепловими насосами. Чинний від 2010-09-01. Мінрегіонбуд України, 2010. – IV, 51 с.
4. Пісарев В.Є. Теплові насоси та холодильні установки. Навчальний посібник. КНУБА, 2002. – 124 с.
5. Безродний М.К. Енергетична ефективність теплонасосних схем теплопостачання. НТУУ «КПІ», 2012. – 208 с.
6. Пуховий І.І. Теплонасосне та безпосереднє використання теплової енергії довкілля і її потенціал в Україні, 92–97 с.
7. Безродний М.К. Теплові насоси та їх використання. НТУУ «КПІ», 2013. – 289 с.
8. Алабовський О.М., Боженко М.Ф., Хоренженко Ю.В. Проектування котелень промислових підприємств. Вища школа, 1992. – 208 с.
9. Боженко М.Ф. Джерела теплопостачання та споживачі теплоти: Київ: ІВЦ «Політехніка», 2004. – 192 с.
10. ДБН В. 2.6.-31: 2006 зі зміною №1 від 1 липня 2013 року. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. – Чинні від 2007-04-01 – К.: Мінрегіонбуд України, 2006. – 70 с.
11. СНиП 2.04.05-91*У Отопление, вентиляция и кондиционирование. Издание неофициальное. – К.: КиевЗНИИЭП, 1996. – 89 с.
12. Ю. І. Башинська // Організаційно-економічні засади використання потенціалу відновлюваної енергетики в регіоні – Львів, 2017 р.
13. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://rent techno.ua> .

14. А.А. Савчук // Сонячна енергетика в Україні набирає оберти. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://jkgportal.com.ua/ua/publication/one/savchuk-sonjachna-jenergetika-v-ukrajinnabiraje-obertv-49829> .
15. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://glavcom.ua> .
16. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://tyzhden.ua> .
17. О. К. Єлісєєва, П. В. Хазан // Регіональна Статистика – 2016 р., с. 51-58.
18. Види потоків сонячної радіації в атмосфері. [Електронний ресурс]. – https://studopedia.su/2_1761_vidi-potokiv-sonyachnoi-radiatsii-vatmosferi.html .
19. О.М.Коржик // Основи гідрології, метеорології і кліматології – тема №8.
20. Енергія Сонця. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://saee.gov.ua/uk/ae/sunenergy> .
21. Л.С. Рибченко, Т.О. Ревера// Сумарна сонячна радіація та альbedo підстильної поверхні в Україні– с. 99-103.
22. П.П. Гаврилко, Р.С. Чорний, Я.В. Шевчук // Розвиток та впровадження сонячної енергетики в домогосподарствах України .
23. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ecoenerhiia.ua> .
24. Методичний посібник для дипломного проектування «Розрахунок системи автономного енергопостачання з використанням фотоелектричних перетворювачів» для студентів спеціальностей 7.090504 «Нетрадиційні джерела енергії», 7.050701 «Електротехніка й електротехнології», укладачі: Бекіров Е. А., Воскресенська С. Н., Химич А. П. – Сімферополь: НАПК, 2010 р.
25. Ю. О. Гаєвський // «Фотоенергетика» .Методичні вказівки до виконання розрахункової роботи для студентів - Київ, 2014 р – с. 1-32.
26. REMAP «Перспективи розвитку відновлюваної енергетики в Україні до 2030 року».
27. Н.В. Язвінська, А.А. Барановська // Особливості ринкового позиціонування продукції для сонячної енергетики України .

28. Сонячна енергетика - один з перспективних напрямів розвитку відновлюваної енергетики в Україні. [Електронний ресурс]. –Режим доступу: http://www.kmu.gov.ua/control/publish/article?art_id=248970577 .
29. О. М. Суходоля, А. Ю. Сменковський, А. І. Шевцов, М. Г. Земляний// Стан і перспективи розвитку відновлюваної енергетики в Україні – випуск 12, Київ, 2014 р.
30. Мхитарян Н. М., Мачулин В. Ф. // Проблемы развития энергетики Украины. Возобновляемая и нетрадиционная энергетика, стаття.